С. К. Андрыеўскі, А. Л. Бартноўскі

ПРАКТЫКУМ па ЭЛЕКТРАТЭХНІЦЫ

Мінск — 1959

С. К. АНДРЫЕЎСКІ, А. Л. БАРТНОЎСКІ

ПРАКТЫКУМ ПА ЭЛЕКТРАТЭХНІЦЫ

ВУЧЭБНЫ ДАПАМОЖНІК ДЛЯ X КЛАСА СЯРЭДНЯЙ ШКОЛЫ

ДЗЯРЖАЎНАЕ
ВУЧЭБНА-ПЕДАГАГІЧНАЕ ВЫДАВЕЦТВА
МІНІСТЭРСТВА АСВЕТЫ БССР
МІНСК 1959

АД РЭДАКЦЫІ

Вучэбны дапаможнік «Практыкум па электратэхніцы» складзен на падставе вышаўшага двума выданнямі дапаможніка аднайменнай назвы на ўкраінскай мове («Радянська школа», Кіеў, 1957).

УВОДЗІНЫ

Электратэхніка — гэта навука аб прымяненні электрычнай энергіі ў практычных мэтах. Яе можна ўмоўна падзяліць на дзве часткі — тэарэтычную электратэхніку, якая вывучае законы і з'явы электрычнасці, і прыкладную электратэхніку, якая вывучае будову і работу розных электрычных канструкцый, генератараў, рухавікоў, вымяральных, рэгулюючых і кантрольных электрычных прыбораў.

Даць пэўныя веды і навыкі, азнаёміць вучняў з тэхнічным электраабсталяваннем — галоўная задача практыкума па электратэхніцы.

Практыкум па электратэхніцы прадугледжвае:

1. Азнаямленне з будовай электраасвятляльнай сеткі, правядзенне пачатковых работ па яе мантажу, устаноўку электраасвятляльных прыбораў і зборку простых схем асвятлення.
2. Азнаямленне і правядзенне практычных работ з найбольш распаўсюджанымі тэхнічнымі электравымяральнымі прыборамі.
3. Азнаямленне з будовай і работай электрычных машын пастаяннага току, з генератарамі пераменнага току, рухавікамі трохфазнага току і будовай трохфазных сетак.
4. Азнаямленне з будовай радыёлямп, лямпавых генератараў токаў высокай частаты, радыёпрыёмнікаў і правядзенне радыёмантажных работ.

§ 1. ПАДРЫХТОЎКА ДА ПРАКТЫЧНЫХ РАБОТ

Галоўнай умовай паспяховага правядзення той ці іншай практычнай работы з'яўляецца адпаведная тэарэтычная падрыхтоўка да яе.

Не менш важны этап падрыхтоўкі — азнаямленне з кожнай практычнай работай да яе выканання. Зразумела, што перад выкананнем кожнай работы трэба ўважліва прачытаць яе апісанне, зразумець, у чым заключаецца мэта і галоўная задача гэтай работы, дакладна вызначыць парадак правядзення ўсіх яе этапаў. Адначасова неабходна ўстанавіць, які тэарэтычны матэрыял неабходна ведаць для правядзення гэтай работы.

Пры азнаямленні з кожнай работай неабходна вызначыць і запісаць:

1. Назву работы. 2. Мэту работы. 3. Неабходныя прыборы і інструменты. 4. Разліковыя формулы. 5. Схематычны рысунак устаноўкі і схему электрычных злучэнняў. 6. Ход выканання работы. 7. Табліцу для запісу атрыманых велічынь. 8. Парадак апрацоўкі рэзультатаў работы. 9. Вывады.

Пры азнаямленні са зместам работы часам могуць узнікнуць некаторыя пытанні па тэарэтычнаму матэрыялу або наконт правядзення самой работы. Гэтыя пытанні трэба абавязкова вырашыць загадзя, скарыстаўшы дадатковую літаратуру, спіс якой дадзен у канцы гэтай кнігі.

§ 2. АСНОЎНЫЯ ПРАВІЛЫ ВЫКАНАННЯ РАБОТ

Азнаямленне з апаратурай і інструментамі. Перад тым як пачаць выкананне практычнай работы, неабходна праверыць, ці ўсе неабходныя прыборы, абсталяванне і інструменты, якія ўказаны ў інструкцыі, ёсць на рабочым стале.

Калі ўсё неабходнае для правядзення работы ёсць, трэба ўважліва азнаёміцца з будовай і дзеяннем прыбораў і з правіламі карыстання імі. Асаблівую ўвагу трэба звярнуць на намінальныя, гэта значыць дапушчальныя, рабочыя велічыні электравымяральных прыбораў (ток, напружанне, магутнасць) рухавікоў, рэастатаў і лямп, вылічыць цану дзялення шкалы кожнага прыбора. Гэта неабходна для правільнага выбару месца ўключэння прыбора ў электрычную сетку, для знаходжання велічыні напружання, якое трэба падаць у гэты ланцуг ад крыніцы электрычнага току і для вызначэння паказанняў прыбораў.

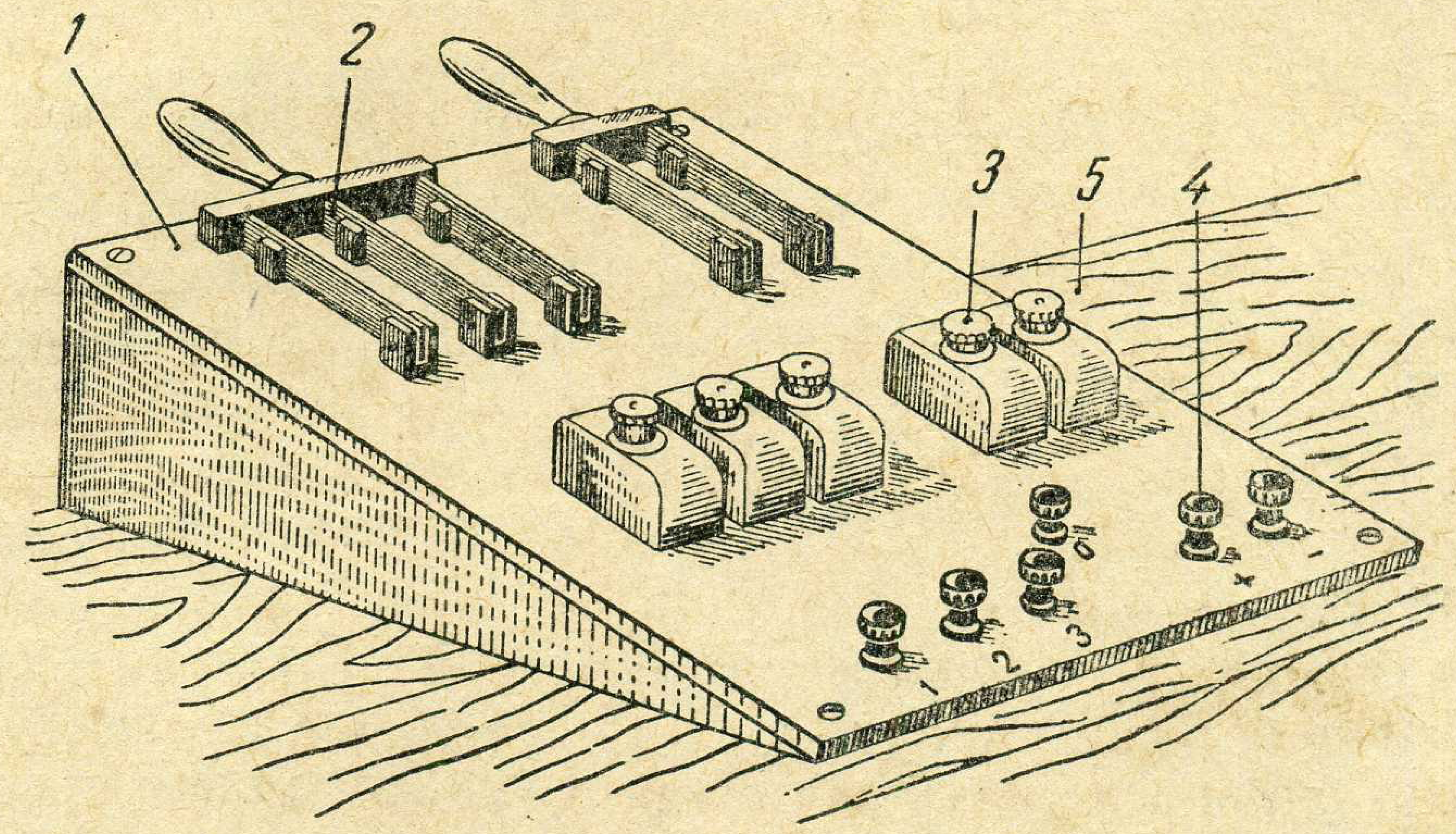
Работа з прыборамі і зборка схем. Устанавіўшы прызначэнне і тэхнічную характарыстыку кожнага прыбора, можна пачаць практычныя работы: разбіраць асобныя прыборы або рухавікі, выконваць неабходныя рысункі, збіраць электрычныя схемы. Каб аблегчыць выкананне работы, лепш спачатку ў адпаведнасці са схемай правільна размясціць на рабочым стале ўсе вымяральныя прыборы і апаратуру.

Складанне схем лепш пачынаць з паслядоўных участкаў яе, ідучы па ланцугу ад аднаго зажыма крыніцы току да другога. Злучыўшы паміж сабой усе паслядоўныя часткі ланцуга — рэастаты, спажыўцы, амперметр і іншыя прыборы, падключаюць паралельныя адгалінаванні: вольтметр, спажыўцы і г. д.

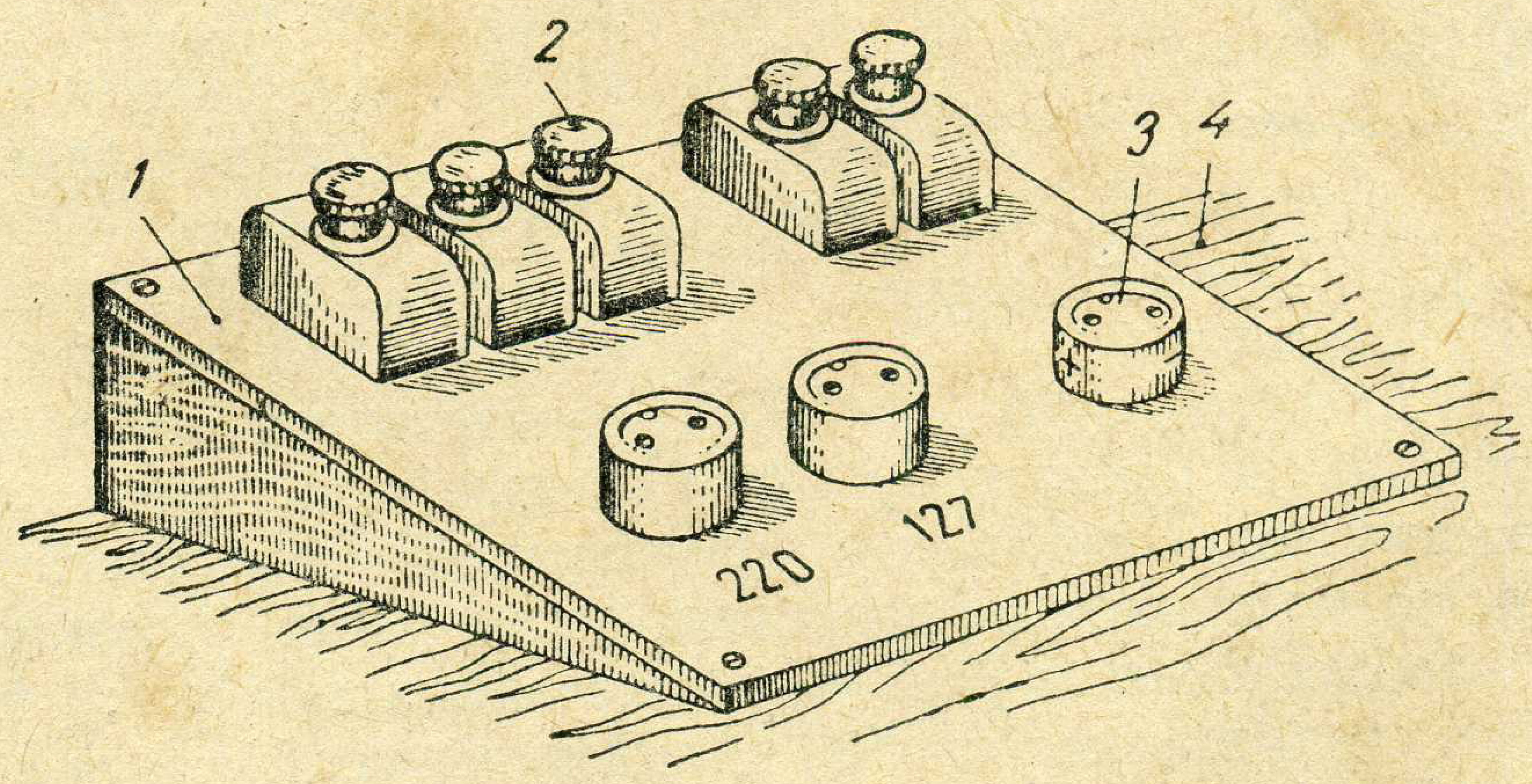
Сабраную схему трэба ўважліва праверыць, але да крыніцы нельга падключаць да таго часу, пакуль настаўнік не дазволіць правядзенне работы.

Часам у пачатку работы трэба разабраць і сабраць якісьці прыбор. Гэтую аперацыю трэба праводзіць асабліва ўважліва, каб не пашкодзіць асобных дэталей прыбора. Таму пры разборцы нельга ўжываць вельмі вялікіх намаганняў, рэзкіх удараў, карыстацца

недазволеным інструментам. Усе дэталі пры разборцы лепш раскладваць у пэўным парадку, каб пры наступнай зборцы можна было лёгка паставіць іх на свае месцы. Працэс зборкі прыбораў і машын робіцца ў парадку, процілеглым іх разборцы, прычым устанаўліваючы кожную дэталь на сваё месца, нельга карыстацца вельмі вялікімі намаганнямі: ні ў якім разе нельга закручваць малыя вінты вялікімі адвёрткамі, таму што пры гэтым можна вельмі лёгка пашкодзіць разьбу на іх. Гэтага правіла трэба асабліва прытрымлівацца пры зборцы невялікіх электравымяральных прыбораў.



Рыс. 1. Лабараторны шчыток з клемамі:
1 — шчыток, *2* — рубільнік, *3* — засцерагальнікі, *4* — клемы, *5* — стол.



Рыс. 2. Лабараторны шчыток са штэпсельнымі разеткамі:
1 — шчыток, *2* — засцерагальнікі, *3* — штэпсельныя разеткі, *4* — стол.

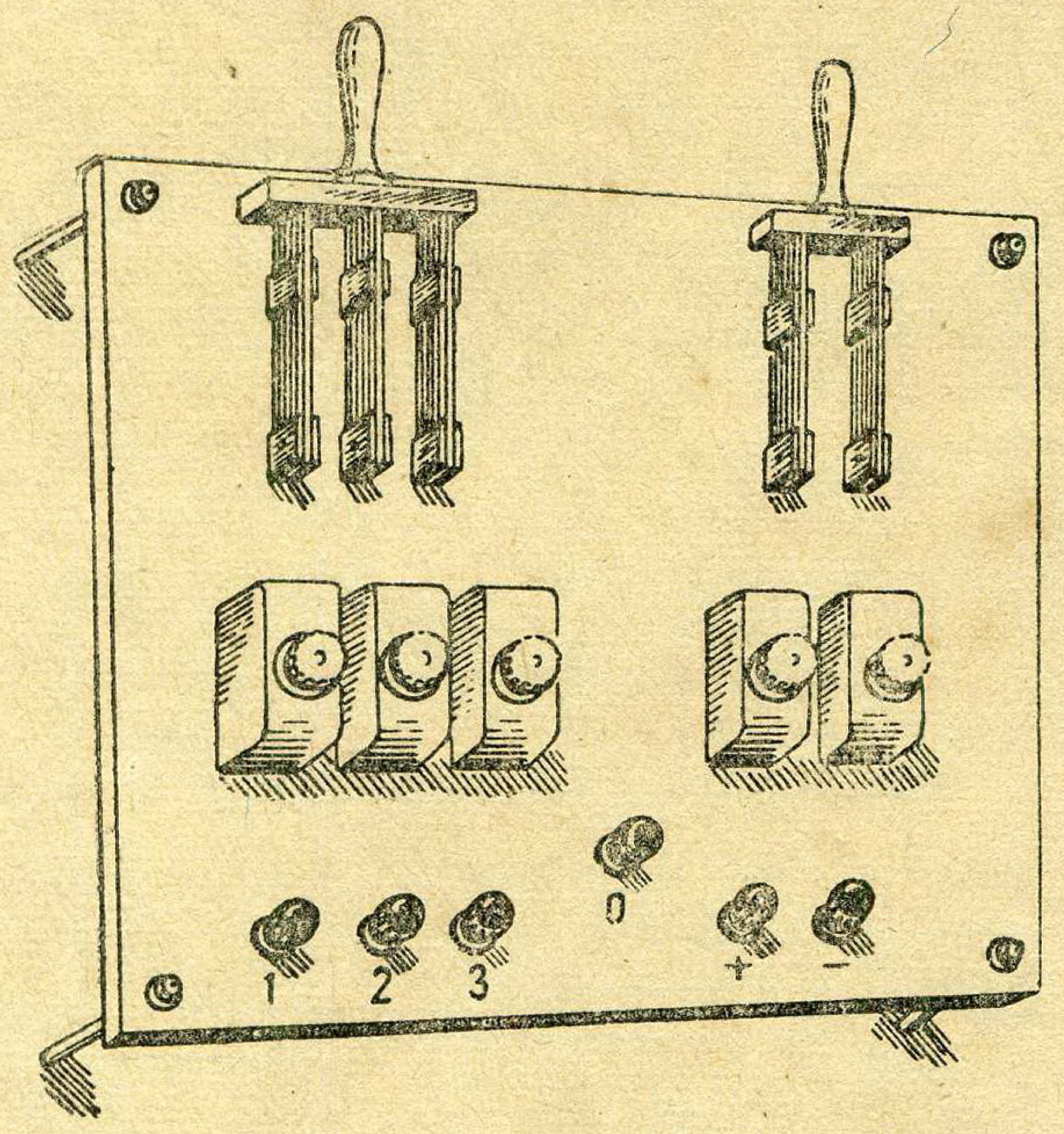
Перад пачаткам работы трэба старанна азнаёміцца з будовай настольнага або насценнага шчыткоў, з устаноўленымі на іх кантактамі або штэпсельнымі разеткамі, навучыцца падключаць сабраныя схемы да неабходных клем або разетак для атрымання патрабуемага напружання.

Часцей за ўсё да шчыткоў падводзяцца тры рабочыя правады і адзін нулявы провад трохфазнай сеткі, а таксама два правады, па якіх падаецца да стала пастаянны ток патрабуемага напружання. На рысунках 1, 2, 3 паказана будова шчыткоў.

Калі трэба падаць да сабранай схемы лінейнае напружанне, то канцы гэтай схемы падключаюць да якіх-небудзь двух рабочых правадоў трохфазнай сеткі. У большасці выпадкаў велічыня лінейнага напружання — 220 *в*.

Калі ж па ўмовах работы трэба мець фазнае напружанне, то выкарыстоўваюць які-небудзь рабочы і нулявы правады. Фазнае напружанне ў большасці выпадкаў роўна 127 *в*.

Калі рабочыя схемы жывяць ад штэпсельных разетак, то часцей за ўсё да адной з іх падводзіцца лінейнае напружанне — 220 *в*, а да другой — фазнае напружанне — 127 *в* (рыс. 2).



Рыс. 3. Насценны лабараторны шчыток.

Да настольных або насценных шчыткоў электрычны ток падводзяць па спецыяльна пракладзеных ізаляваных правадах ад галоўнага размеркавальнага шчыта кабінета або лабараторыі.

П р а в я д з е н н е э к с п е р ы м е н т а л ь н а й ч а с т к і р а б о т ы. Атрымаўшы дазвол настаўніка, можна пачынаць эксперыментальную работу, дакладна прытрымліваючыся парадку выканання яе, які ўказан у інструкцыі (апісанні лабараторнай работы).

Перад уключэннем рубільніка ўсе ўключаныя ў ланцуг рэастаты трэба ўвесці цалкам, г. зн. паставіць іх паўзункі ў такое становішча, якое адпавядае максімальнаму супраціўленню. Выключэнне з гэтага правіла складаюць рэгуліровачныя рэастаты, уключаныя ў ланцуг паралельнага ўзбуджэння рухавікоў пастаяннага току: іх перад уключэннем рубільніка трэба цалкам вывесці. Гэта аблягчае пуск рухавіка ў ход.

Замыкаючы электрычны ланцуг, трэба глядзець не на рубільнік або выключальнік, а сачыць за ўключаным у ланцуг амперметрам. Калі ён пры гэтым пакажа празмерную велічыню току,

трэба хутчэй разамкнуць ланцуг. Калі ў гэты час перагарыць засцерагальнік, паўторнае ўключэнне току нельга праводзіць да таго часу, пакуль не знойдзены і не ліквідаваны пашкоджанне ланцуга або памылка пры зборцы схемы. На паўторнае ўключэнне такой схемы трэба зноў атрымаць дазвол настаўніка.

Памятаючы, што колькасць эксперыментальных даных вызначае рэзультаты работы, трэба дабівацца максімальнай дакладнасці вымярэнняў. Закончыўшы эксперыментальную частку работы, не трэба спяшацца з разборкай схемы. Перад гэтым атрыманыя рэзультаты лепш паказаць настаўніку. Можа здарыцца памылка, якую пры неразабранай схеме лёгка праверыць. Калі ж схему ўжо разабралі, то прыдзецца яе збіраць зноў.

Калі не ўлічыць сказанага вышэй, то часам прыходзіцца перарабляць усю эксперыментальную частку работы: памылку ў вылічэннях можна выявіць і выправіць, а вось памылку ў эксперыментальных даных нельга выправіць, не паўтараючы самога эксперыменту.

Лікавыя даныя эксперыментальнай часткі работы трэба запісваць у адпаведную графу падрыхтаванай табліцы. Асаблівую ўвагу трэба звяртаць на правільнасць адліку па шкале прыбора, улічваючы цану кожнага дзялення шкалы. Цану дзялення лепш вылічыць загадзя і кожны раз памнажаць на яе пэўны адлік, запісваючы ў табліцу адразу канчатковы рэзультат. Дакладнасць гэтага рэзультата залежыць ад умення правільна зрабіць адлік па шкале прыбора на вока, асабліва тады, калі стрэлка прыбора спынілася паміж двума суседнімі дзяленнямі. У гэтым выпадку трэба навучыцца рабіць адлік не толькі з дакладнасцю да $^1/_2$ цаны дзялення шкалы, але і больш дакладна — да $^1/_4$ і $^1/_5$.

Пасля таго як практычная работа закончана і атрыманыя рэзультаты правераны, схему разбіраюць, усе прыборы і абсталяванне ўстанаўліваюць на рабочым стале ў такім парадку, у якім яны знаходзіліся да пачатку работы.

Выконваючы практычныя работы па электрамантажу, трэба дабівацца максімальнай акуратнасці пры пракладцы правадоў і ўстаноўцы прыбораў, надзейнасці ўсіх злучэнняў і адгалінаванняў і якаснага ізалявання аголеных месц праводкі.

§ 3. СПРАВАЗДАЧА АБ ВЫКАНАННІ ПРАКТЫЧНАЙ РАБОТЫ

Аб кожнай выкананай рабоце ў асобным сшытку складаецца справаздача. Усе рысункі і схему ў справаздачах трэба выконваць акуратна, выкарыстоўваючы асноўныя правілы чарчэння і правілы абазначэння электраабсталявання на схемах. Розныя графікі зручней будаваць на міліметравай паперы, а потым уклейваць іх у сшытак з справаздачамі.

У справаздачы перш за ўсё ўказваецца дата выканання практычнай работы, яе парадкавы нумар, назва і мэта. Пасля гэтага

ў справаздачы трэба коратка апісаць выкананне работы і спыніцца на ацэнцы атрыманых рэзультатаў: асобая ўвага павінна быць удзелена падвядзенню вынікаў работы і вызначэнню асноўных правіл найбольш рацыянальнага выкарыстання электрычнай апаратуры, машын і вымяральных прыбораў.

Пры складанні справаздачы трэба памятаць, што правільныя рэзультаты пры вылічэннях можна атрымаць толькі тады, калі вядомыя велічыні вызначаны ў адной сістэме адзінак.

Графікі, якія паказваюць змяненні адной пераменнай велічыні ў выніку змянення якой-небудзь другой, часцей за ўсё чэрцяць у прамавугольнай сістэме каардынат, з лінейным адлікам па восях, выбраўшы пэўны маштаб для кожнай велічыні. Велічыню, якую змянялі ў час работы (незалежная пераменная велічыня — аргумент), адкладваюць па гарызантальнай восі графіка, а атрыманыя значэнні велічыні, якая мянялася ў выніку рэгулявання незалежнай велічыні (яна называецца залежнай пераменнай велічынёй — функцыяй), адкладваюць па вертыкальнай восі. Выстаўленыя паміж восямі пункты неабходна для атрымання графіка злучаць паміж сабой не ломанай прамой лініяй, а плаўнай крывой, якая праходзіла б сіметрычна ў адносінах да ўсіх адзначаных пунктаў.

У кожнай справаздачы трэба прывесці спіс усёй апаратуры і вымяральных прыбораў, указаўшы іх галоўныя тэхнічныя даныя, якія ёсць на пашпартах рухавікоў або на шкалах электравымяральных прыбораў. Ніжэй прыведзен узор запісу тэхнічнай характарыстыкі аднаго з прыбораў: амперметр тыпу ЭН, электрамагнітны, на 3 *а*, клас дакладнасці 1,5, для пераменнага току, рабочае становішча (пры вымярэнні) — вертыкальнае.

§ 4. ТЭХНІКА БЯСПЕКІ ПРЫ ВЫКАНАННІ ПРАКТЫЧНЫХ РАБОТ

Пачынаючы выкананне практычных работ па электратэхніцы, трэба добра засвоіць правілы ўнутранага распарадку і тэхнікі бяспекі на занятках па практыкуму, абавязкова выконваць іх самому і патрабаваць гэтага ад сваіх таварышаў.

Перш за ўсё трэба засвоіць наступныя правілы:

з б і р а ц ь э л е к т р ы ч н ы я с х е м ы, р а б і ц ь у і х р о з н ы я п е р а к л ю ч э н н і м о ж н а т о л ь к і п р ы в ы к л ю ч а н ы м н а п р у ж а н н і;

у к л ю ч а ц ь с а б р а н у ю с х е м у м о ж н а т о л ь к і з д а з в о л у н а с т а ў н і к а.

Гэтыя правілы асабліва важныя — парушэнне іх можа выклікаць пашкоджанні электрычнага абсталявання або вымяральных прыбораў фізічнага кабінета (лабараторыі) або стаць прычынай няшчасных выпадкаў.

Ніжэй прыводзяцца правілы па тэхніцы бяспекі, якія неабходна выконваць пры прывядзенні практыкума па электратэхніцы.

ПРАВІЛЫ ПА ТЭХНІЦЫ БЯСПЕКІ ПРЫ ПРАВЯДЗЕННІ ПРАКТЫКУМА ПА ЭЛЕКТРАТЭХНІЦЫ

1. У кабінеце (лабараторыі) рабочае напружанне пераменнага току параўнальна высокае; яно небяспечна для людзей, таму трэба быць асцярожным. Напружанне вышэй 70 *в* пры пэўных умовах можа даць сур'ёзнае паражэнне.

2. Не дазваляецца датыкацца да аголеных токавядучых частак схемы або праводкі, якая знаходзіцца пад напружаннем (нажоў рубільнікаў, металічных клем, аголеных праваднікоў і інш.).

3. Не дазваляецца вучням самастойна рабіць якія-небудзь пераключэнні на галоўным размеркавальным шчыце.

4. Першае ўключэнне праверанай схемы трэба рабіць толькі ў прысутнасці настаўніка і толькі пры спраўных засцерагальніках.

5. Нельга рабіць якія-небудзь пераключэнні ў схеме, якая знаходзіцца пад напружаннем.

6. Карыстаючыся нажом, шылам або іншым вострым інструментам, трэба быць асабліва ўважлівым і асцярожным, каб не парэзацца.

7. Нельга працаваць няспраўным інструментам, малатком, няшчыльна насаджаным на ручку, з разбітым і вышчарбленым байком, шлямбурам і зубілам з разбітым байком і інш.

8. Нельга правяраць наяўнасць напружання пальцамі.

9. Працаваць з лесвіц дазваляецца толькі на вышыні да 3 *м* ад падлогі.

10. Робячы пайку, трэба засцерагацца пырскаў расплаўленага прыпою і не датыкацца да гарачых месц, каб не атрымаць апёкаў.

11. Пры рабоце каля электрычных машын трэба быць асабліва ўважлівым, сочачы, каб адзенне, валасы, правады не датыкаліся да верцячыхся частак гэтых машын. Не дазваляецца стаяць супраць муфтаў і датыкацца да верцячыхся частак машыны рукамі.

12. Устанаўліваць і замяняць засцерагальнікі на шчытках можна толькі з дазволу настаўніка і пры адключаным рубільніку на сваім шчытку або асноўным шчыце.

13. Пры ўсіх выпадках выяўлення пашкоджанняў электрычнага абсталявання, вымяральных прыбораў і правадоў трэба неадкладна выключыць рубільнік і паведаміць аб гэтым настаўніку.

14. Электрычную схему трэба збіраць так, каб правады не перакрыжоўваліся, не нацягваліся і не скручваліся петлямі.

15. Прыборы кіравання і вымяральныя прыборы трэба расстаўляць так, каб было зручна перасоўваць іх паўзункі і ручкі, назіраць за прыборамі, не перагінаючыся цераз машыны і правады.

16. Трэба сачыць, каб машыны вярцеліся ў тым напрамку, які ўказан на іх корпусе стрэлкай.

17. Сачыць за тым, каб скорасць вярчэння электрычных машын не была больш намінальнай, указанай на іх пашпарце.

18. Калі пры правядзенні работы ўзнікне якое-небудзь пашкоджанне (з'явіцца спецыфічны пах, дым, напаляцца праваднікі рэастата або хто-небудзь пападзе пад напружанне), трэба хутка выключыць рубільнік, выключальнік або выцягнуць штэпсельныя вілкі на шчытку. Усякая разгубленасць і прамаруджванне ў гэтых выпадках можа ўзмацніць пашкоджанне апаратуры або паражэнне токам.

АДДЗЕЛ ПЕРШЫ

ЭЛЕКТРАМАНТАЖНЫЯ РАБОТЫ ПА АСВЯТЛЯЛЬНАЙ СЕТЦЫ

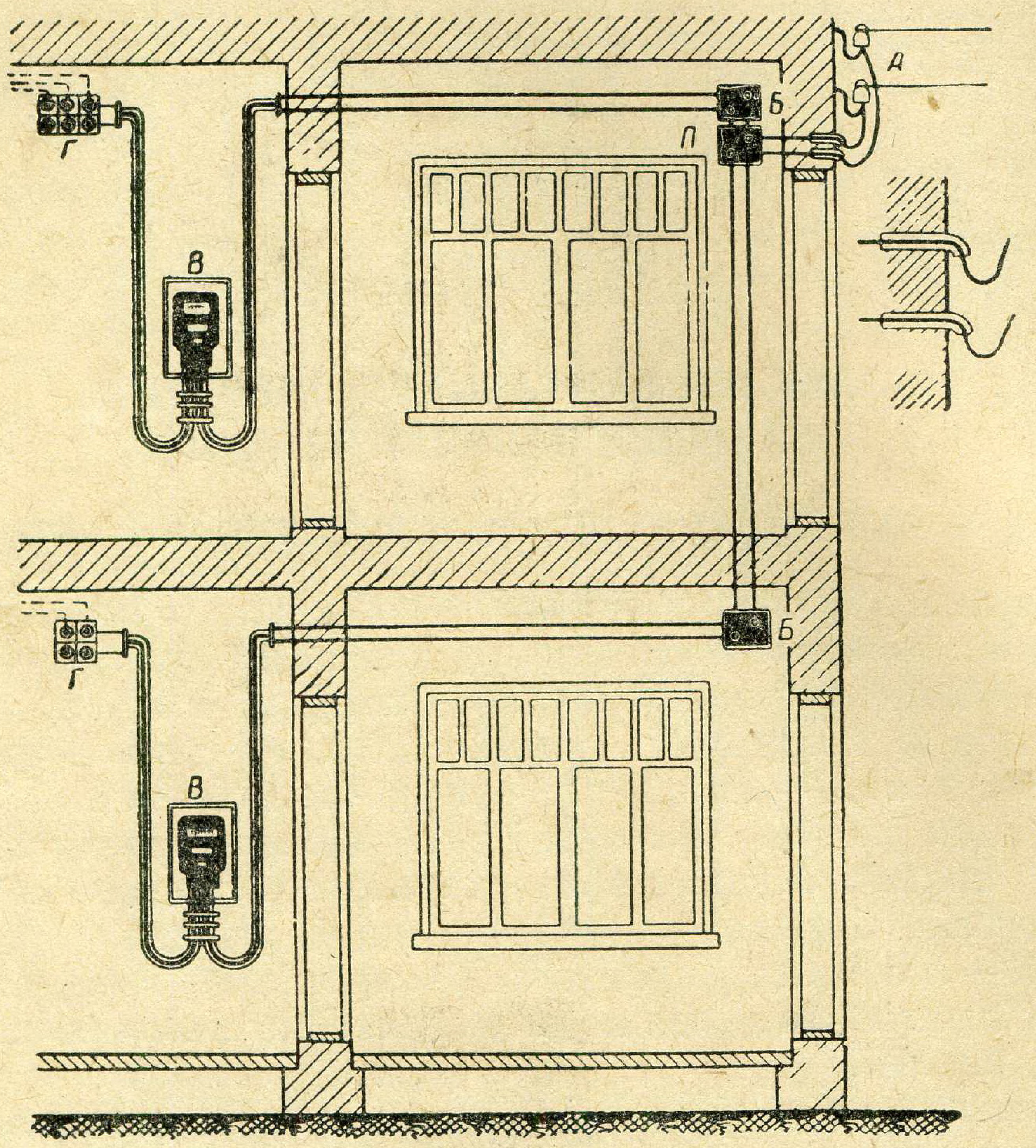
§ 5. БУДОВА КВАТЭРНАЙ АСВЯТЛЯЛЬНАЙ СЕТКІ

Як вядома з фізікі, у сістэме трохфазнага току дзейнічае два напружанні: лінейнае (паміж двума лінейнымі правадамі) і фазнае (паміж лінейным провадам і нулём). Часцей за ўсё ў асвятляльнай сетцы лінейнае напружанне складае 220 *в*, а фазнае — 127 *в*.

Уздоўж вуліц — на апорах — падвешваюць чатыры правады: тры лінейныя рабочыя правады і адзін нулявы провад трохфазнай сеткі. У вялікіх гарадах праводка ажыццяўляецца кабелем.

Да кожнага будынка падыходзіць увод, які складаецца з двух правадоў — лінейнага і нулявога, або двух лінейных. Часам электрычную энергію падводзяць да будынка па кабелях, пракладзеных пад зямлёй.

Увод электрычнай праводкі ў будынак і размеркаванне току па кватэрах паказаны на рысунку 4. Прасочым шлях току ад знадворнай апоры да кватэр. Па правадах *А*, якія працягнуты ў будынак праз дзве варонкі, электрычны ток падыходзіць да найбліжэйшай пераходнай каробкі *П*. Ад яе па двух правадах, якія ідуць па так званых стаяках, ток паступае ў размеркавальныя каробкі *Б*. Да зажымаў гэтых каробак і падключаюць канцы правадоў, якія ідуць у кватэры. Абодва правады ўводу ў кватэрах падводзяцца да электрычных лічыльнікаў *В*, якія ўстанаўліваюцца на спецыяльных шчытках. Часцей за ўсё недзе паблізу шчытка з лічыльнікам ставяць так званы групавы засцерагальны шчыток *Г* з некалькімі плаўкімі пробкавымі засцерагальнікамі. Два правады, якія выходзяць з лічыльніка, праз групавы шчыток вядуць да размеркаваных на групы спажыўцоў электрычнай энергіі, устаноўленых у дадзенай кватэры. Нормамі прадугледжана, што максімальны ток адной групы не павінен перавышаць 6 *а*. Знешні выгляд шчытка на тры групы дадзен на рысунку 5. Кожная такая група мае на шчытку два засцерагальнікі. Групавы шчыток з некалькімі парамі засцерагальнікаў устанаўліваецца для таго, каб пры ўзнікненні аварый перагаралі пробкі толькі якой-небудзь адной групы. У гэтым выпадку без току застануцца спажыўцы толькі гэтай групы, а ўсе астатнія электрапрыборы дадзенай кватэры будуць працягваць працаваць.



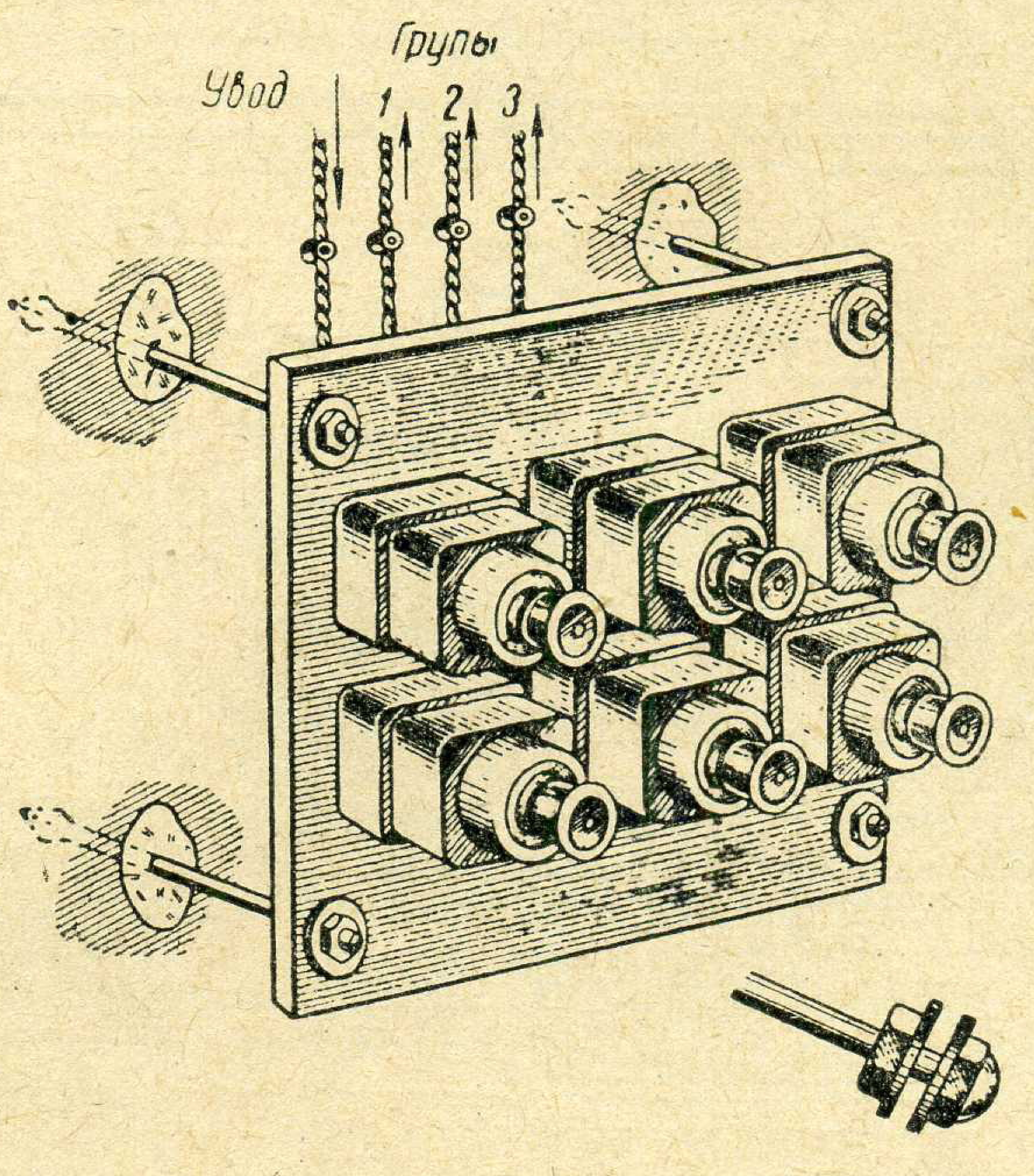
Рыс. 4. Увод у будынак і размеркаванне току па кватэрах.

Часам, калі кватэра невялікая, асобны групавы шчыток не ўстанаўліваюць, а ставяць адну-дзве пары засцерагальнікаў на тым самым шчытку, на якім устаноўлен лічыльнік. Агульны выгляд такога шчытка паказан на рысунку 6. На гэтым жа шчытку, акрамя лічыльніка і засцерагальнікаў, часта ўстанаўліваюць рубільнік або пакетны выключальнік, якім замыкаюць або размыкаюць ланцуг электрычнай праводкі ўсёй кватэры.

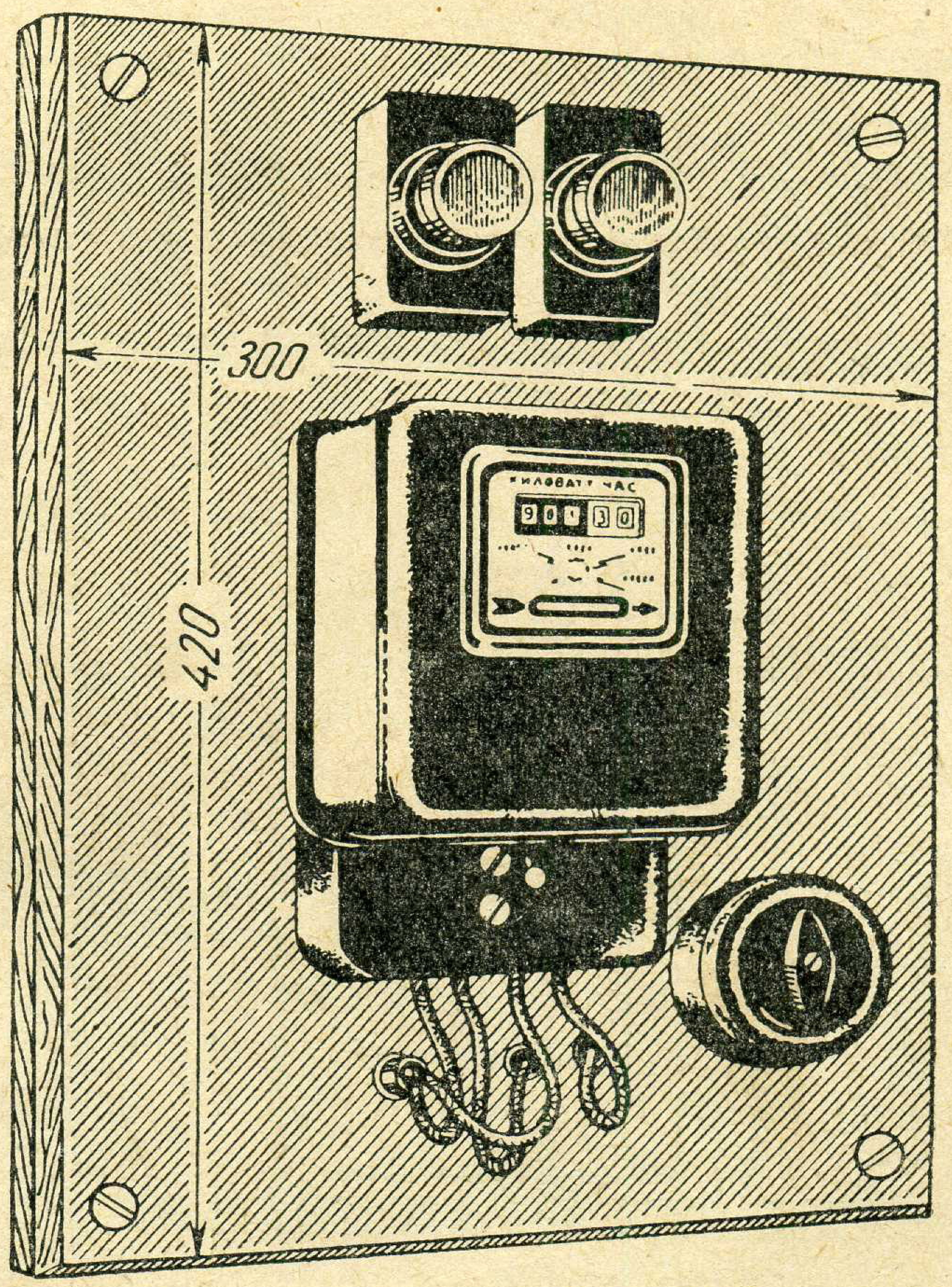
Ад групавога шчытка да кожнай групы спажыўцоў электрычнай энергіі пракладваюць двюхправадную лінію. Прасторавая схема праводкі ў пакоі паказана на рысунку 7.

Пры вычэрчванні схем праводкі ў кватэры часам карыстаюцца для зручнасці манцёраў аднапінейным ізабражэннем праводкі (рыс. 8). Тлумачэнне гэтай схемы праводкі пры дапамозе разгорнутай (двюхлінейнай) схемы можна атрымаць з разгледжання рысунка 9.

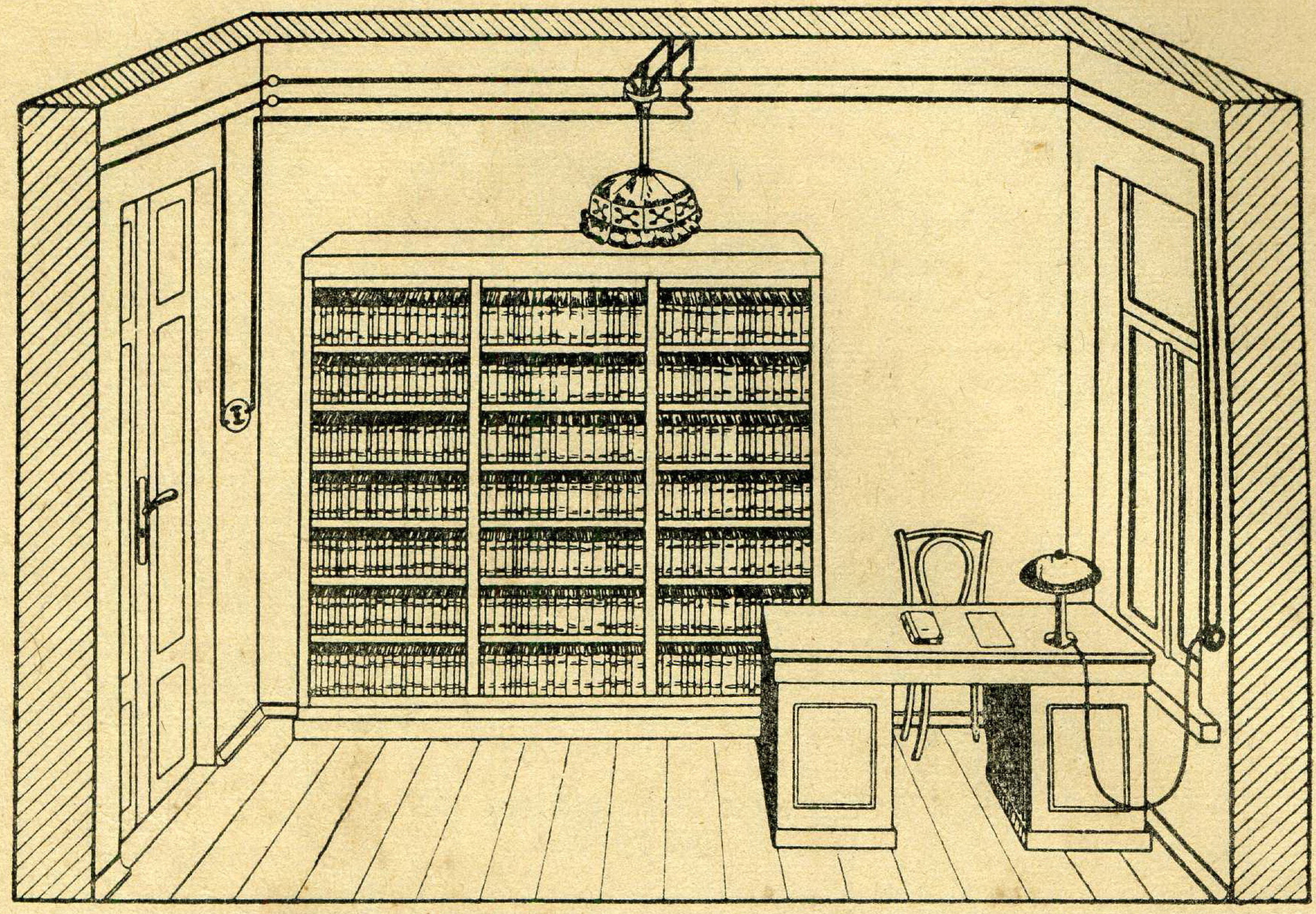
Электрычныя правады пракладваюць нерухома, на ізалюючых апорах: роліках, або ізалятарах. Пры пераходах правадоў з аднаго



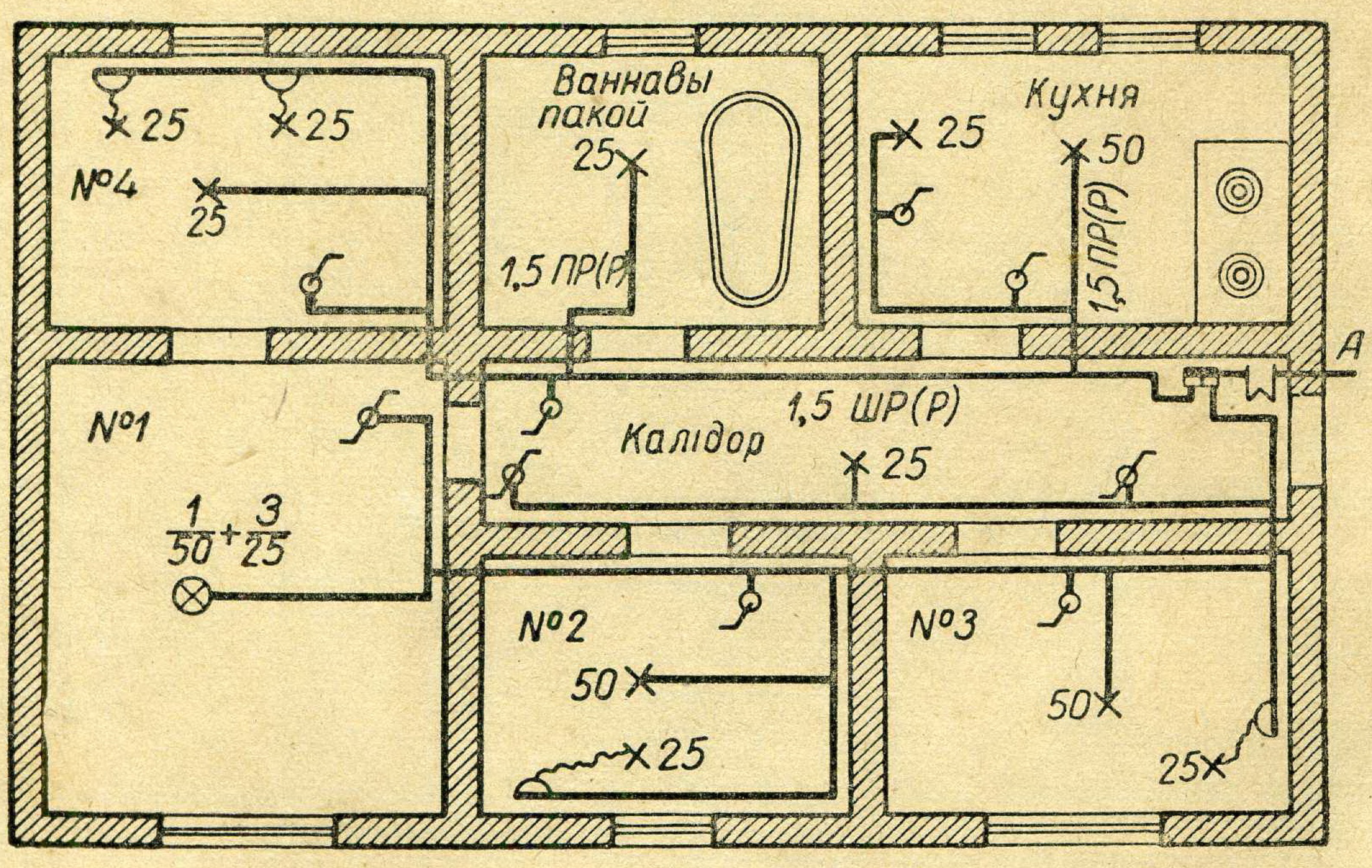
Рыс. 5. Групавы асвятляльны шчыток
на тры групы.



Рыс. 6. Шчыток для ўстаноўкі электрычнага
лічыльніка.

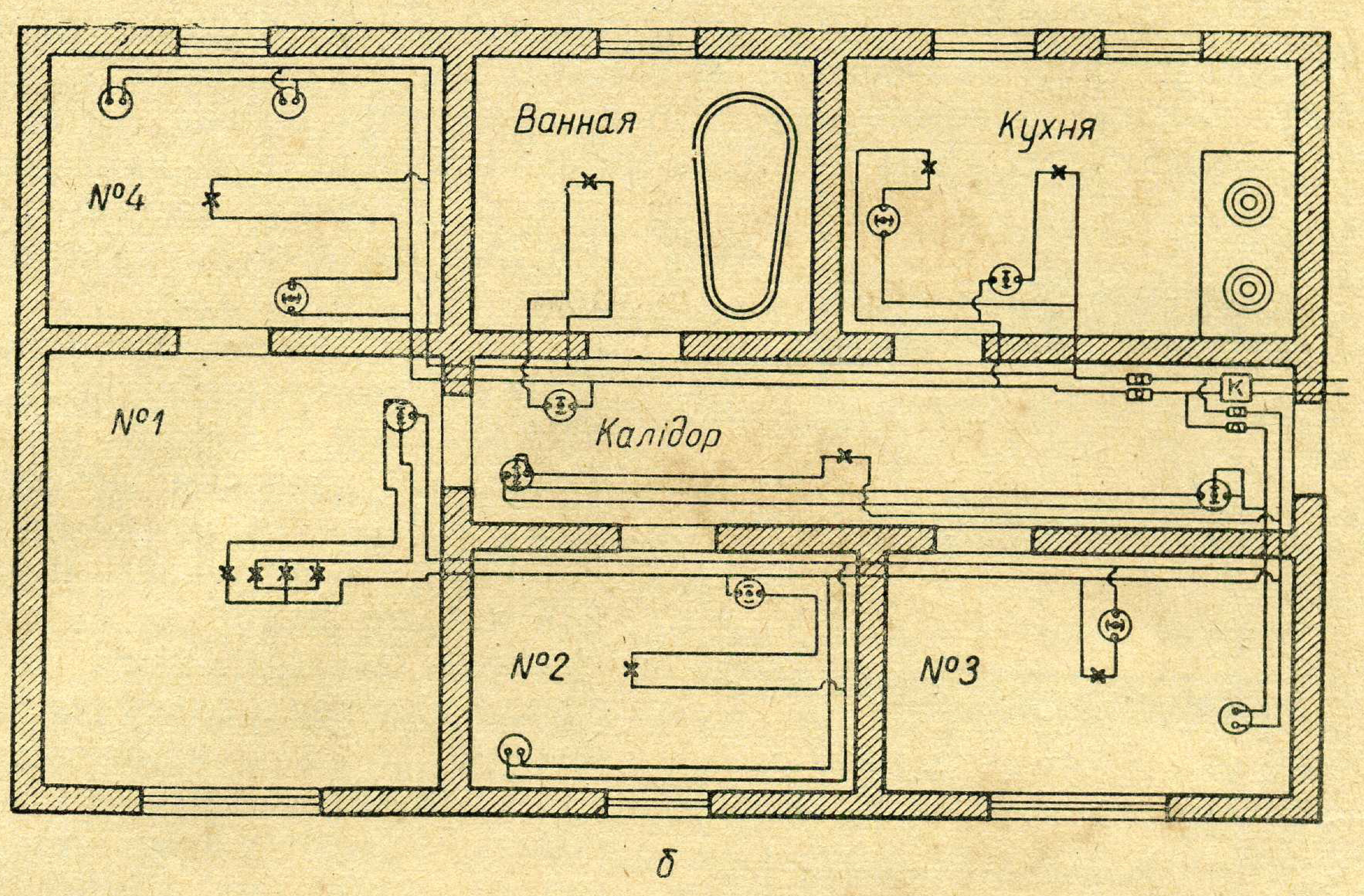


Рыс. 7. Схема электрычнай праводкі ў пакоі.



а

Рыс. 8. Адналінейная план-схема электрычнай праводкі ў кватэрах.



Рыс. 9. Разгорнутая (поўная) схема электрычнай праводкі, паказанай на рысунку 8.

памяшкання ў другое іх засцерагаюць гумавай паўцвёрдай трубкай з дзвюма фарфоравымі або карбалітавымі ўтулкамі на канцах.

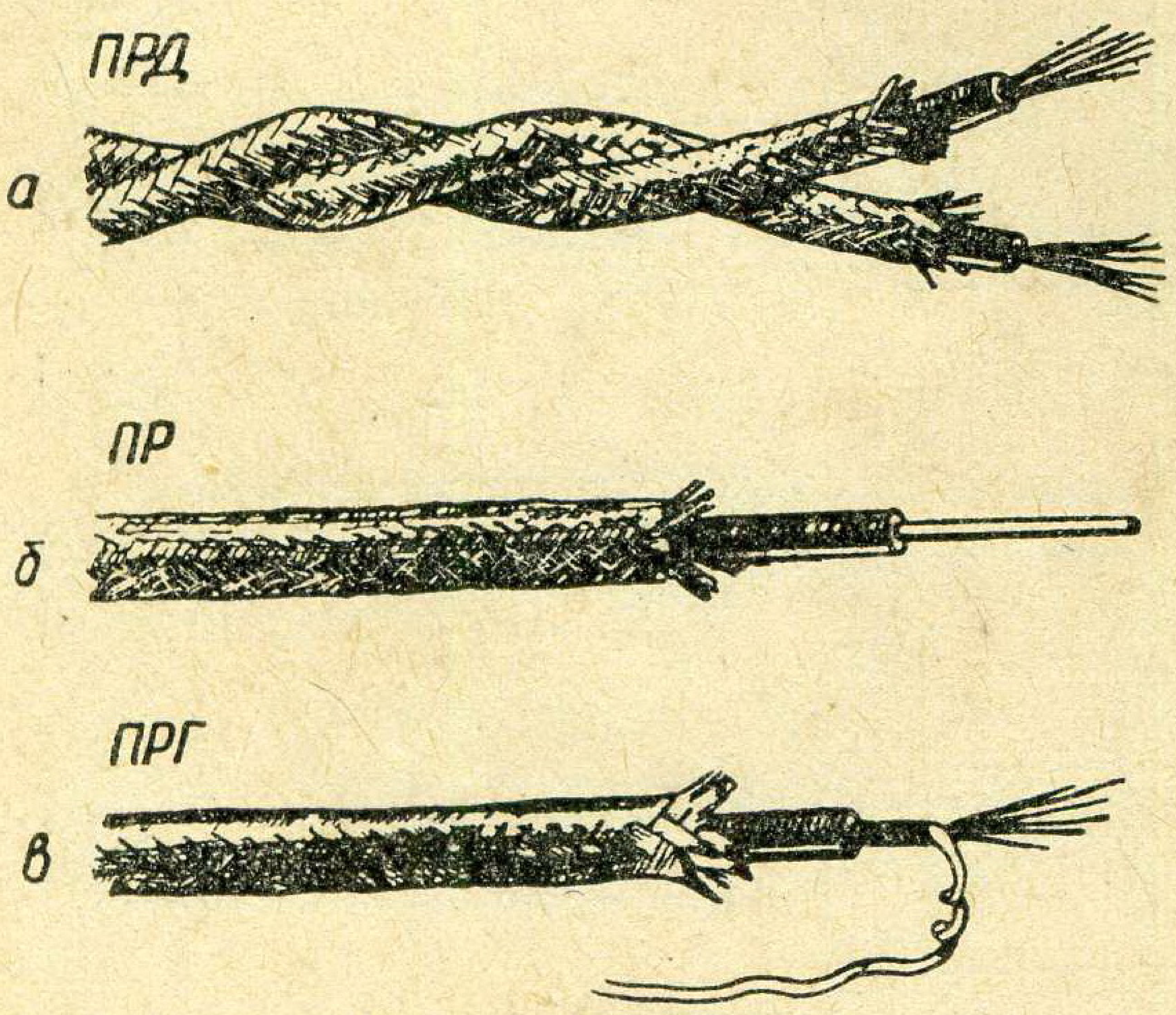
Усе злучэнні і адгалінаванні правадоў павінны знаходзіцца на роліках і ізалятарах. Адгаліноўваць провад з сярэдзіны пралёту нельга.

§ 6. ЭЛЕКТРАМАНТАЖ КВАТЭРНАЙ АСВЯТЛЯЛЬНАЙ СЕТКІ

В і д ы п р а в а д о ў і і х п р ы з н а ч э н н е. Электрычная праводка ўнутры закрытых памяшканняў выконваецца ізаляванымі правадамі і шнурамі.

У сухіх ацяплямьных памяшканнях (жылых пакоях, пярэдніх і г. д.) ужываюць двухжыльны провад ПРД з меднымі жыламі, якія пакрыты гумавай ізаляцыяй і баваўнянай аплёткай (рыс. 10, *а*). Кожная жыла такога проваду скручана з тонкіх дроцікаў, што надае ёй некаторую гнуткасць. Часам ужываюць так званы электрычны шнур ШР. Знешне ён нагадвае провад ПРД, таму праводка, выкананая провадам ПРД, таксама называецца шнуравой. Аднак шнур адрозніваецца ад проваду ПРД тым, што ён вельмі гнуткі, кожная жыла яго скручана з вялікай колькасці тоненькіх дроцікаў; ужываецца для падключэння пераносных спажыўцоў. У апошні час для кватэрнай электрычнай праводкі выкарыстоўваюць амаль выключна провад ПРД. Яго выпускаюць з сячэннем жыл у 0,75; 1,0; 1,5; 2,5; 4 і 6 *мм*².

Для зарадкі асвятляльнай арматуры, г. зн. для пракладвання праводкі ў сярэдзіне люстраў, настольных лямп і іншых свяцільнікаў, выкарыстоўваюць аднажыльны арматурны провад АР або двухжыльны арматурны — АРД з меднымі жыламі, якія пакрыты толькі гумавай ізаляцыяй. Ён выпускаецца двух сячэнняў: 0,5 і 0,75 *мм*².



Рыс. 10. Ізаляваныя правады для ўнутраных электрычных праводак.

У памяшканнях, дзе магчыма кандэнсаванне вільгаці, электрычную праводку пракладваюць провадам ПР або ПРГ. ПР — гэта аднажыльны провад з суцэльнай меднай жылай, пакрытай слоем гумавай ізаляцыі, якая мае зверху аплётку з баваўнянай пражы. Пража прамочана спецыяльным смалістым рэчывам, засцерагаючым провад ад уздзеяння вільгаці (рыс. 10, *б*). Провад ПРГ адрозніваецца ад провада ПР толькі тым, што яго жыла не суцэльная, а складаецца з некалькіх дроцікаў (рыс. 10, *в*). Правады гэтых марак выпускаюць сячэннем ад 0,75 да 400 *мм*². Слой гумавай ізаляцыі на іх бывае розны таўшчыні: гэта залежыць ад таго, на якое напружанне разлічан провад. Найбольш тонкая ізаляцыя ў провада ПР-380. Яна забяспечвае надзейную ахову жылы провада пры напружанні, не перавышаючым 380 *в*. Провад ПР-500 з больш тоўстым слоем гумавай ізаляцыі — вытрымлівае напружанне да 500 *в*.

Асноўныя правілы і нормы. Усе ізаляваныя правады пракладваюць нерухома на адлегласці не менш чым 1 *см* ад сцяны, столі і іншай часткі будынка. Часцей за ўсё правады асвятляльнай сеткі пракладваюць па сценах пад столлю. У выпадку неабходнасці лініі правадоў вядуць і па столі да ўстаноўленых на ёй лямп. Аднак пракладваць навылётныя лініі праз столь не рэкамендуецца, таму што яны вельмі псуюць агульны выгляд памяшкання.

Калі адначасова вядуць дзве паралельныя лініі правадоў, адлегласць паміж імі павінна быць не менш 35 *мм*. Правады пракладваюць заўсёды паралельна столям, карнізам, дзвярным, аконным касякам і іншым архітэктурным лініям памяшкання.

Падвесныя лямпы ўмацоўваюць на столі звычайна ў сярэдзіне пакоя. Штэпсельныя разеткі ўстанаўліваюць каля спажыўцоў, якія будуць да іх падключацца, на вышыні 0,8 — 1 *м* ад падлогі. Выключальнікі ставяць каля дзвярэй злева ад іх на вышыні 1,4—1,7 *м* ад падлогі, адступіўшы ад краю дзвярнога праразу на 15—20 *см*.

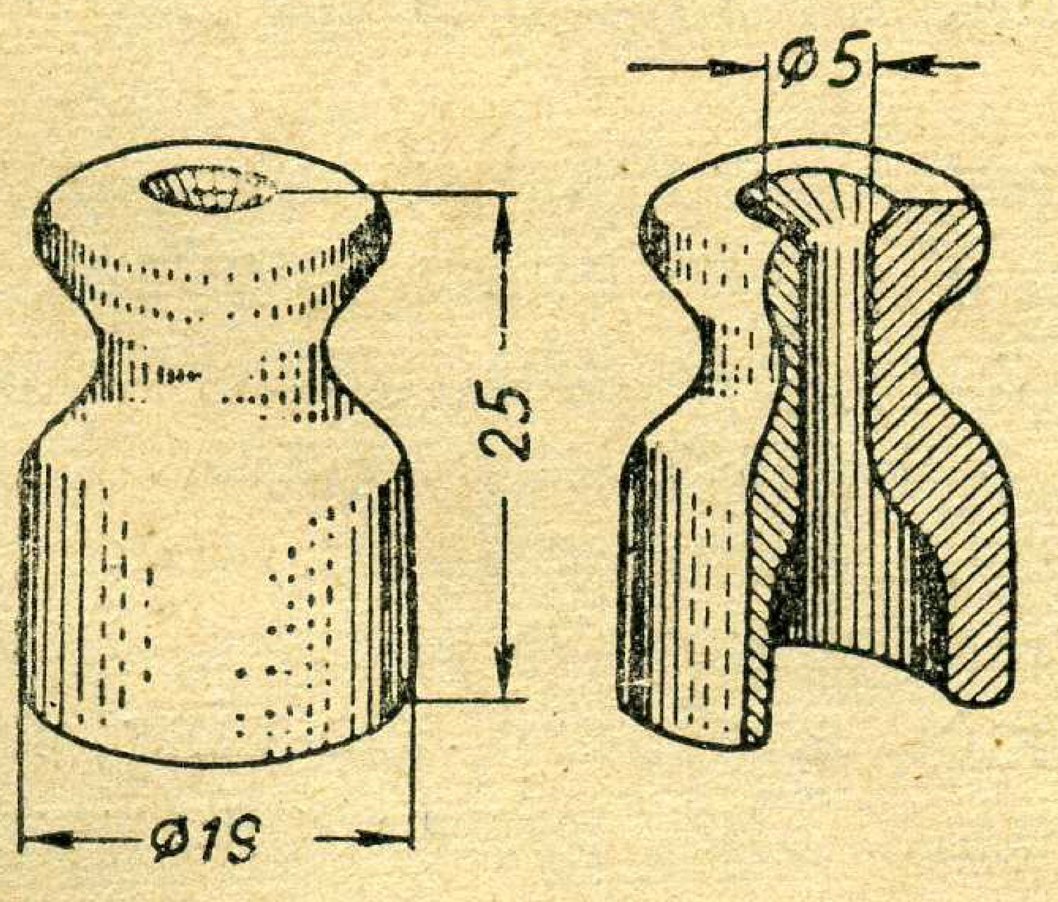
Не адступаючы ад прыведзеных вышэй правіл для эканоміі правадоў і іншых матэрыялаў, трэба выбіраць найкарацейшы шлях для іх пракладкі.

Разметка праводкі. Спачатку вызначаюць, дзе будуць устаноўлены лямпы, выключальнікі, штэпсельныя разеткі і іншая апаратура, а таксама вызначаюць, з якога месца дадзеная праводка будзе жывіцца токам. Потым, карыстаючыся шпагатам з адвесам, размячаюць лініі пракладвання правадоў. Для гэтага шпагат злёгку націраюць мелам, вугалем або сухой фарбай, нацягваюць уздоўж лініі, а потым, адцягнуўшы яго ад сцяны, адпускаюць. Шпагат, стукнуўшыся аб сценку, пакідае на ёй прамы след. Вертыкальныя спускі размячаюць пры дапамозе адвеса.

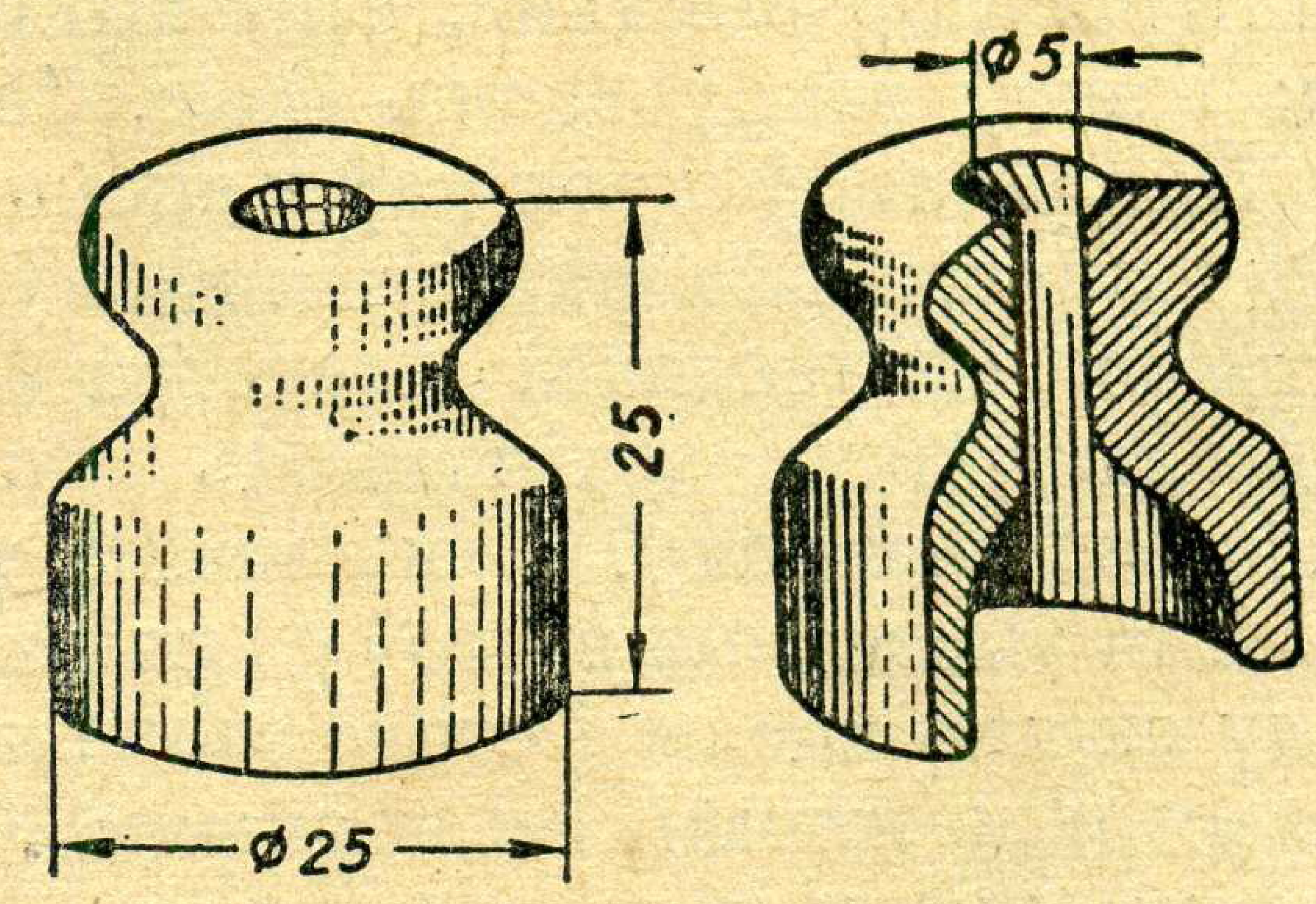
Пасля нанясення ліній праводкі на іх размячаюць месцы ўстаноўкі ролікаў. Спачатку намячаюць месцы для канечных і вузлавых ролікаў, якія ўстанаўліваюцца каля адгалінаванняў да выключальнікаў, разетак і лямп. Пры гэтым улічваюць, што першы ролік павінен знаходзіцца ад выключальніка на адлегласці 7 *см*, ад лямп і разетак — на адлегласці 3 *см*, ад уводу ў сцяну — на адлегласці 5 *см*. Размеціўшы месцы для ўказаных ролікаў, дзеляць прамежкі, якія засталіся паміж імі, на роўныя часткі па 0,7—0,8 *м* на сценках і 0,8—0,9 *м* на столях. Такім чынам знаходзяць пункты для ўстанаўлення ўсіх прамежкавых ролікаў. Робячы разметку шнуравой праводкі, неабходна памятаць, што ад якасці і дакладнасці яе будзе залежаць знешні выгляд як самой праводкі, так і памяшкання; таму дадзеную работу трэба выконваць вельмі дакладна і акуратна, не дапускаючы ніякіх перакосаў і скрыўленняў.

Крапежны і ўстановачны матэрыял. Да крапежных і ўстановачных матэрыялаў адносяцца:

Ролікі фарфоравыя маркі РШ-4 (рыс. 11), якія выкарыстоўваюцца для пракладкі шнуроў і правадоў ПРД.



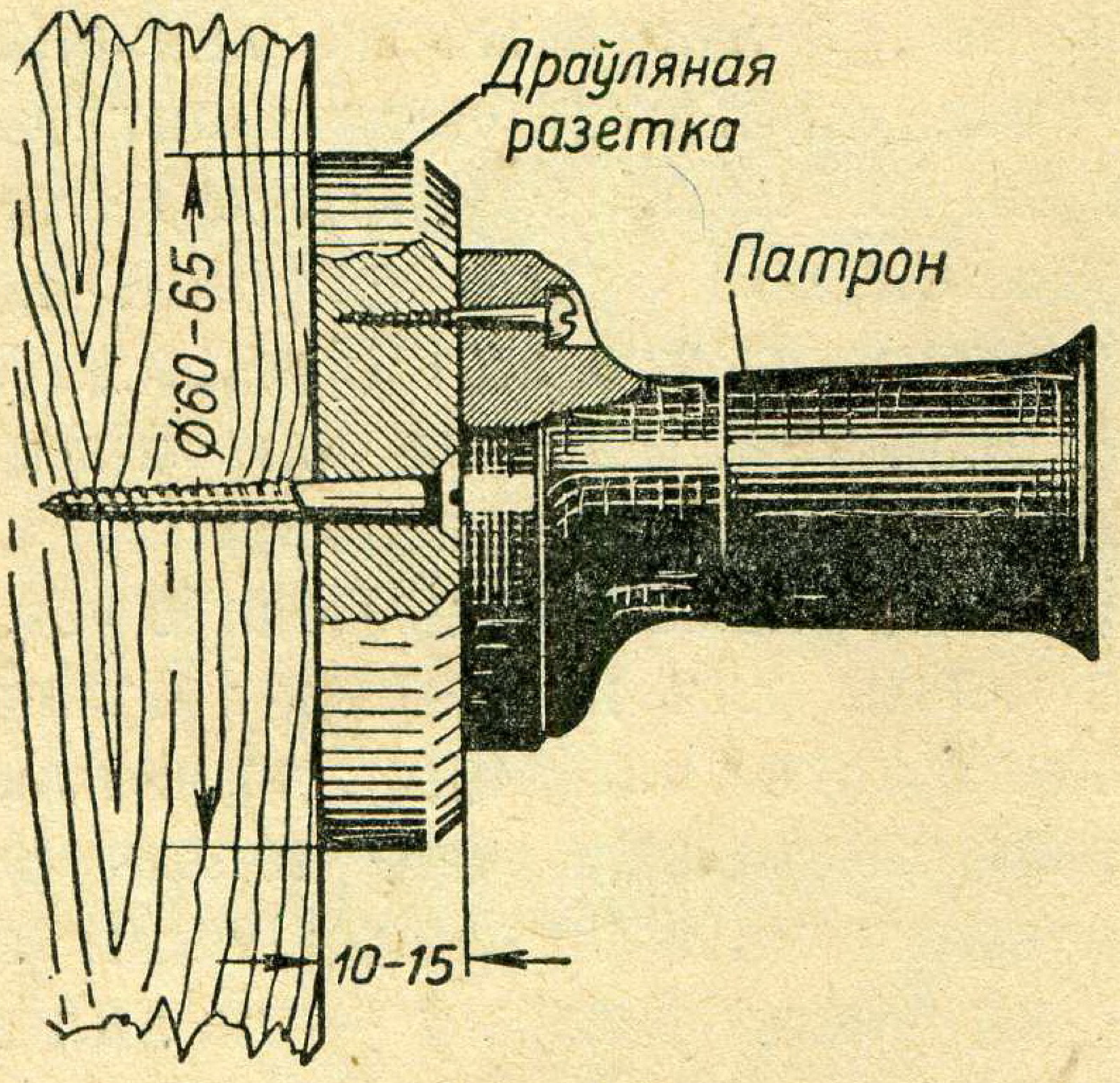
Рыс. 11. Фарфоравыя ролікі РШ-4.



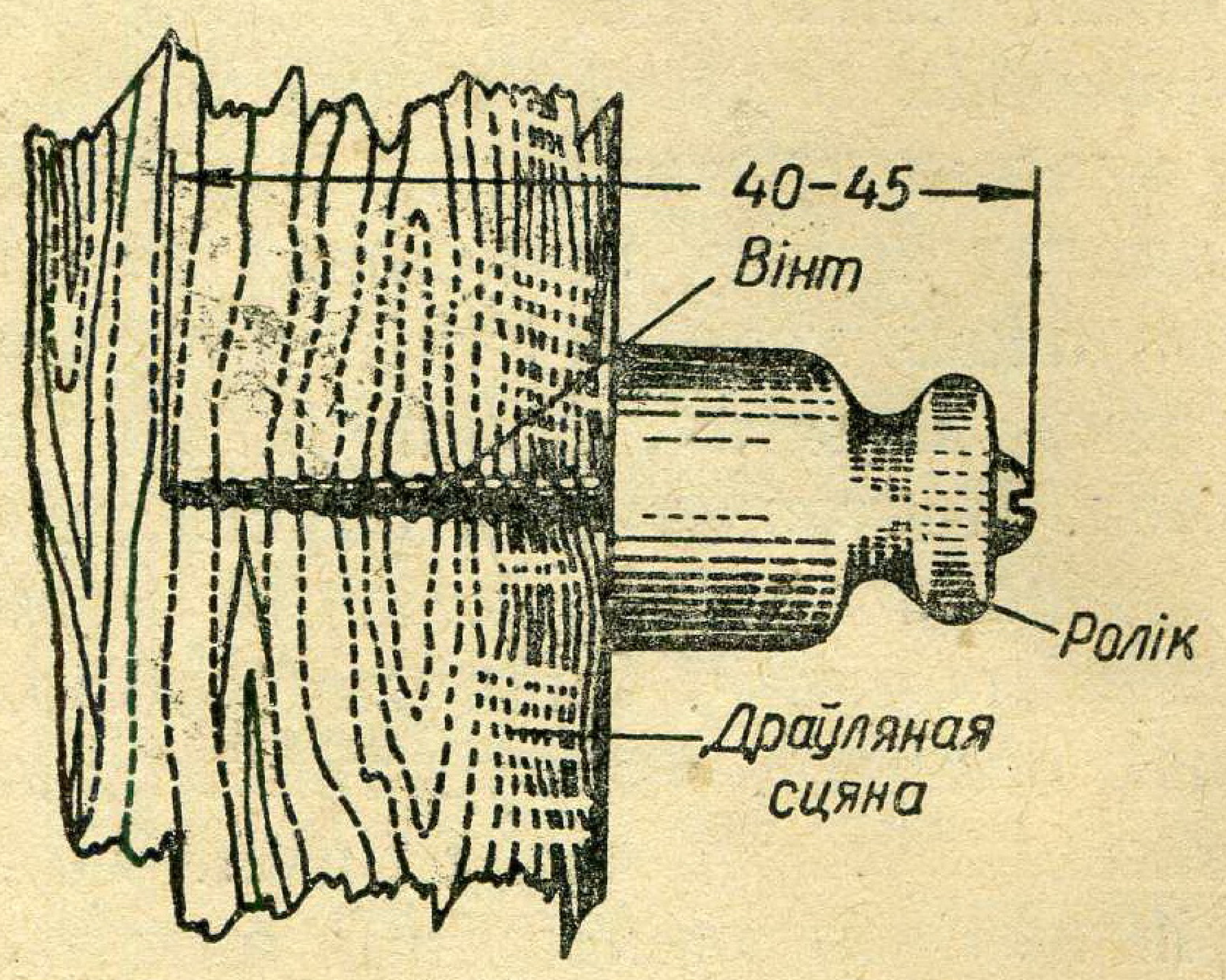
Рыс. 12. Фарфоравыя ролікі РП-2,5.

Ролікі маркі РП-2,5 (рыс. 12), на якіх пракладваюць правады ПР невялікіх сячэнняў.

Драўляныя разеткі, на якіх устанаўліваюць выключальнікі, патроны, штэпсельныя разеткі і іншыя электраасвятляльныя прыборы. Разеткі служаць для ізалявання гэтых прыбораў ад сцен і столей (рыс. 13).



Рыс. 13. Устаноўка насценнага патрона на драўлянай разетцы.



Рыс. 14. Замацаванне роліка на драўлянай сцяне.

Усе ролікі і драўляныя разеткі ўстанаўліваюць нерухома. Для гэтай мэты выкарыстоўваюць разнастайныя ўстановачныя і дапаможныя матэрыялы.

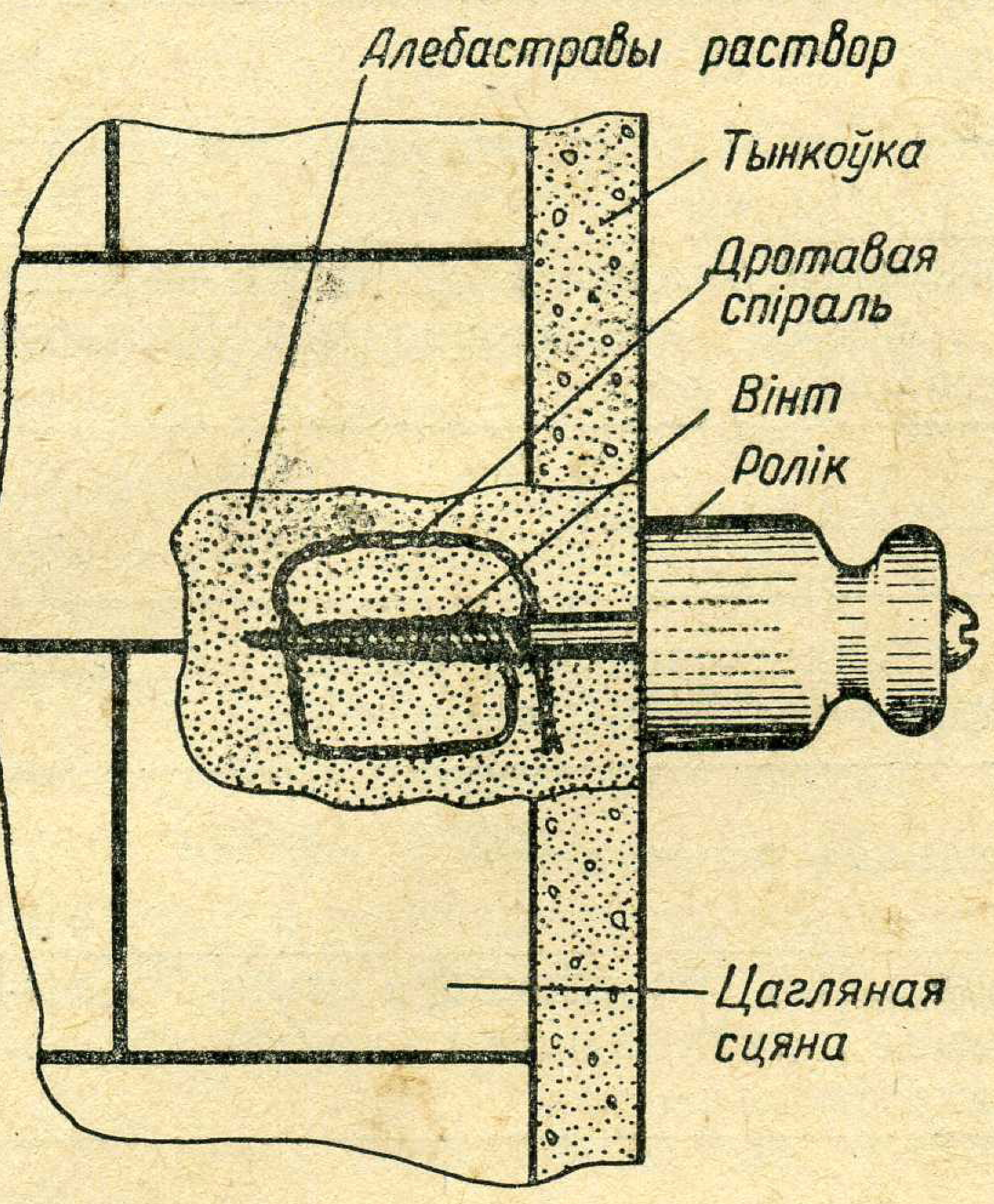
Вінты па дрэве дыяметрам 4 *мм*, даўжынёй 40—45 *мм*, з паўкруглай галоўкай, якімі прымацоўваюць ролікі і драўляныя разеткі да неатынкаваных драўляных (рыс. 14) і каменных сцен. Для атынкаваных сцен выкарыстоўваюць такія ж вінты, але больш доўгія — 60—70 *мм*. Калі сцяна цагляная або каменная, то на разьбу вінта накручваюць спіраль з мяккага жалезнага дроціка, які потым умазваюць у адтуліну сцяны алебастравым растворам. Калі раствор высахне, вінт выкручваюць, надзяваюць на яго ролік і зноў закручваюць (рыс. 15).

Для ўстаноўкі ролікаў у апошні час выкарыстоўваюць спецыяльныя закрэпкі з валакністым запаўненнем. У сцяне прасвідроўваюць адтуліну адпаведнага дыяметра (часцей за ўсё 5 *мм*), устаўляюць туды закрэпку і завінчваюць у яе вінт з надзетым ролікам. Вінт распірае закрэпку, і яна моцна трымаецца ў сцяне (рыс. 16).

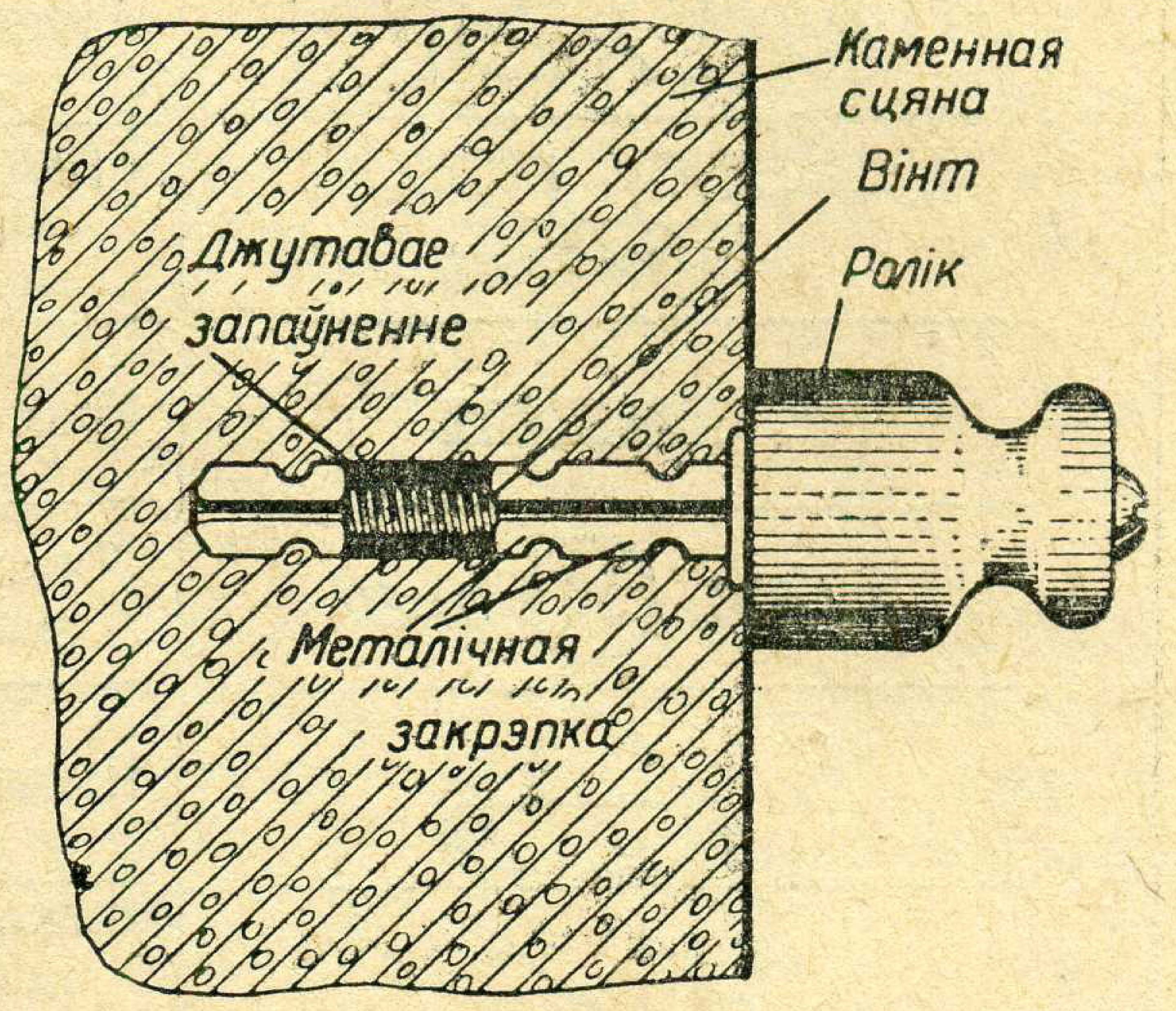
Для ўмазвання вінтоў са спіралямі, замазвання пераходаў праваду скрозь сцены і столі выкарыстоўваюць алебастр або гіпс, якія разводзяць невялікімі порцыямі ў пасудзіне. Пры гэтым гіпс трэба сыпаць у ваду, а не наадварот.

Провад ПРД прывязваюць да канцавых і вузлавых ролікаў моцным шпагатам або тасьмой. Провад ПР прывязваюць мяккім вязальным дротам дыяметрам 0,6—0,8 *мм*. Для намотвання спіралей на вінты выкарыстоўваюць больш тоўсты ацынкаваны жалезны дрот дыяметрам 1 *мм*.

Гумавая (эбанітавая) ізаляцыйная паўцвёрдая трубка ўжываецца для аховы правадоў у месцах іх скрыжавання і пераходаў скрозь сцены.



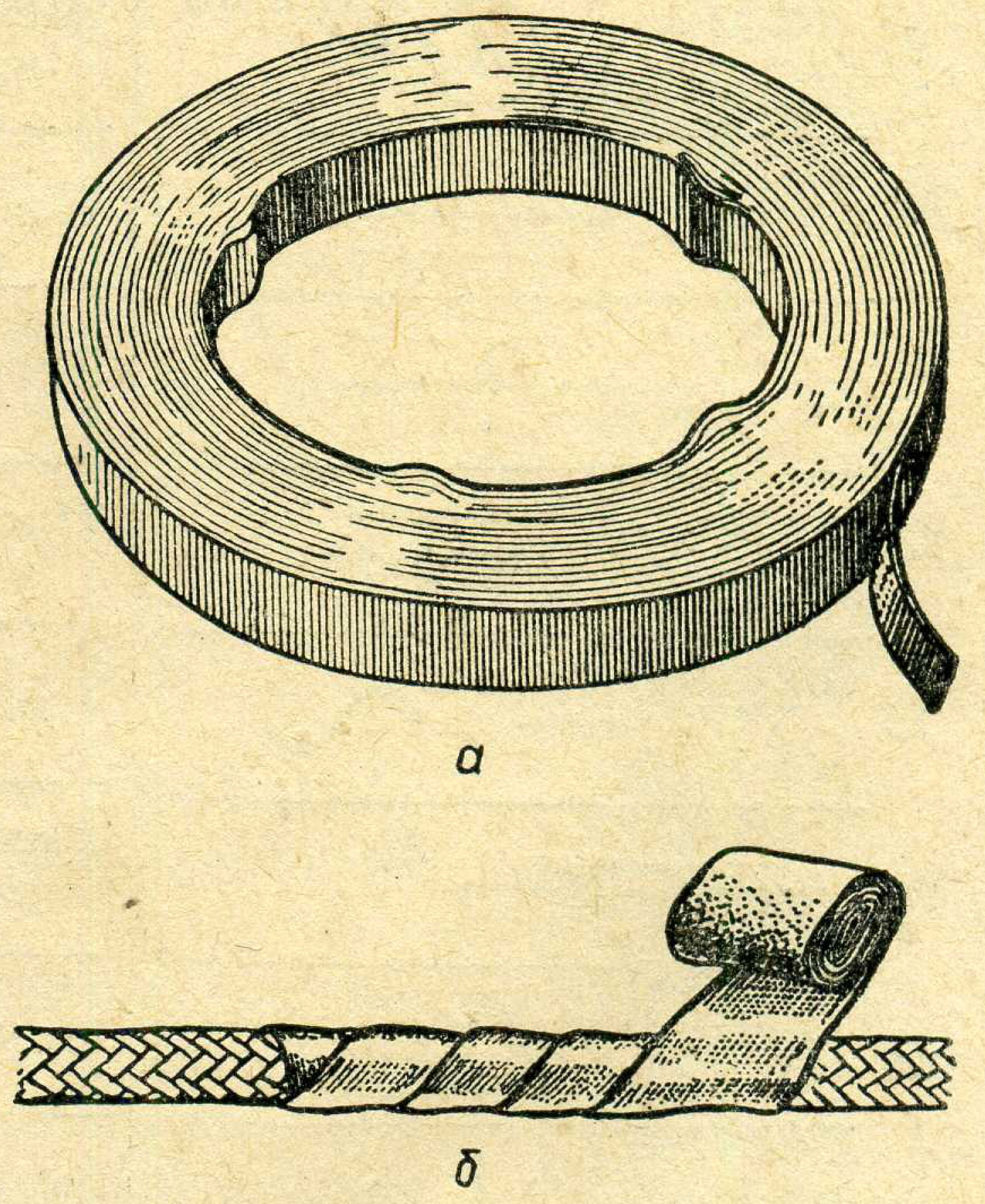
Рыс. 15. Замацаванне роліка на каменнай сцяне.



Рыс. 16. Устаноўка роліка пры дапамозе металічнай закрэпкі.

Для больш надзейнага кантакту злучаемых правадоў усе месцы злучэння прапайваюць, выкарыстоўваючы або мяккі прыпой (сплаў волава і свінцу, які плавіцца пры тэмпературы каля 200°), або тыноль, тэмпература плаўлення якога 70°.

Для аднаўлення парушанай ізаляцыі правадоў выкарыстоўваюць прагумаваную клейкую ізаляцыйную стужку (рыс. 17).

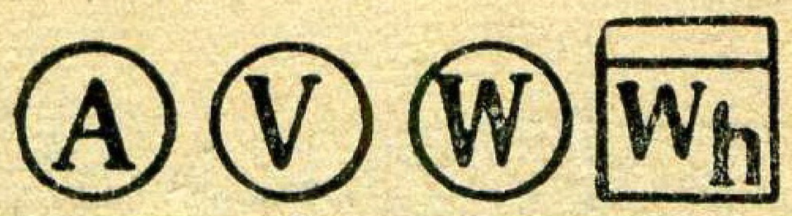
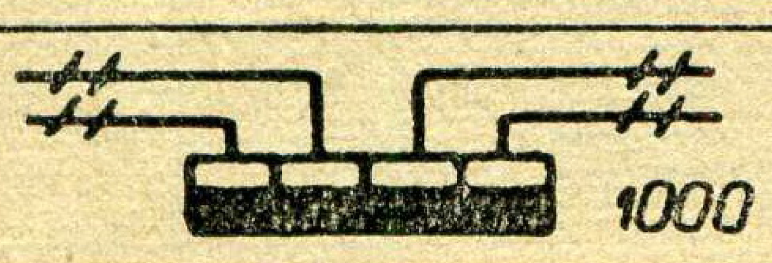
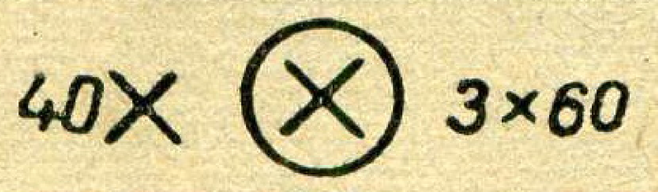
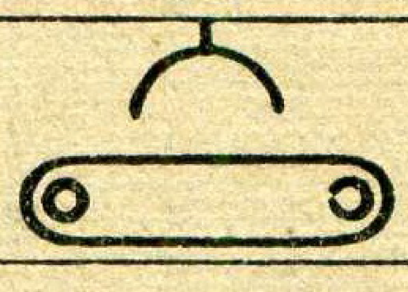
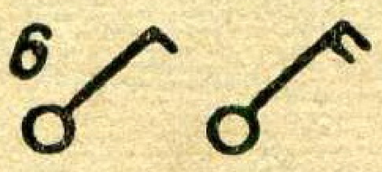
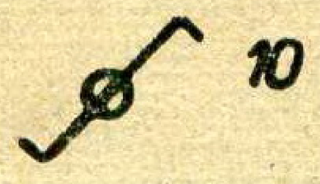
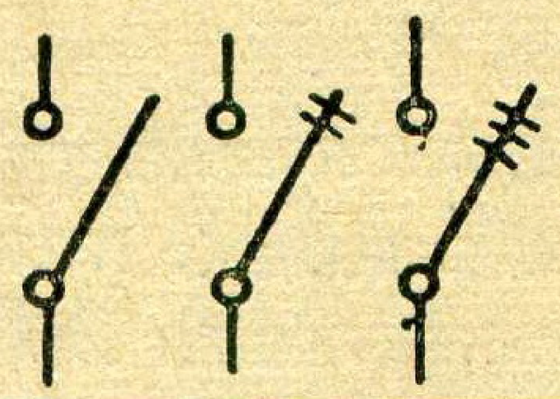
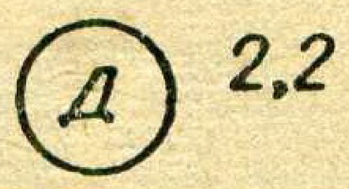
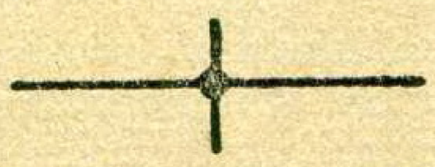
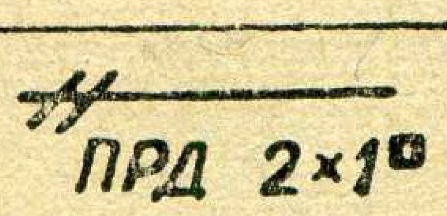
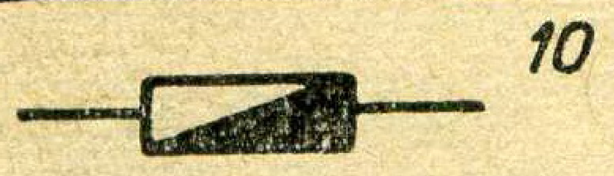
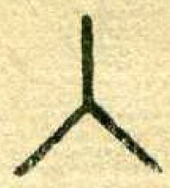


Рыс. 17. Ізаляцыйная стужка і яе прымяненне.

Акрамя крапежных і ўстановачных матэрыялаў, якія ўпаміналіся раней, для правядзення работ па мантажу асвятляльнай сеткі неабходна мець камплект слясарных і электрамантажных інструментаў, а іменна: малаток, адвёртку, напільнік, манцёрскі нож, шыла, шлямбур, свердзелы для дрэва, пласкагубцы, круглагубцы, кусачкі, шнур з адвесам і інш.

Этапы мантажу кватэрнай праводкі. Электрамантаж, як і ўсякі іншы

АСНОЎНЫЯ ЎМОЎНЫЯ АБАЗНАЧЭННІ НА СХЕМАХ

	Умоўныя знакі	Значэнне знакаў
1		Амперметр, вольтметр, ватметр, лічыльнік
2		Групавы шчыток на 4 дзвюхпровадныя лініі, лічбай абазначана максімальная магутнасць у *вт*
3		Размеркавальны шчыт
4		Лямпа напальвання, люстра, лічбамі абазначана магутнасць лямп у *вт.*
5		Штэпсельная разетка
6		Выключальнікі барабаннага тыпу: аднаполюсны і двухполюсны, лічбай абазначан максімальны ток
7		Пераключальнік барабаннага тыпу
8		Рубільнікі: аднаполюсны, двухполюсны, трохполюсны
9		Электрарухавік, лічбай абазначана магутнасць
10		Правады ланцуга
11		Электрычнае злучэнне правадоў
12		Провад маркі ПРД двухжыльны сячэннем у 1 $мм^2$
13		Пастаянны ток, пераменны ток
14		Засцерагальнік, лічбай абазначан намінальны ток
15		Злучэнне трохвугольнікам
16		Злучэнне зоркай

вытворчы працэс, складаецца з некалькіх аперацый, выконваць якія неабходна ў пэўнай паслядоўнасці. Пачынаюць электрамантаж з разметкі. Потым у адпаведных месцах устанаўліваюць ролікі і драўляныя разеткі. Пасля гэтага пракладваюць правады, робяць неабходныя злучэнні і адгалінаванні, ізалююць іх і прывязваюць правады да ролікаў. Скончыўшы ўсе работы па пракладванню правадоў, устанаўліваюць свяцільнікі, засцерагальнікі, выключальнікі, штэпсельныя разеткі і інш. Затым зачышчаюць канцы правадоў і далучаюць іх да зажымаў усіх прыбораў, асвятляльнай арматуры і шчыткоў. Апошняй аперацыяй з'яўляецца праверка сабранай схемы асвятлення, уключэнне яе ў сетку і выпрабаванне ў рабоце.

Для таго каб правільна збіраць схемы электрычных праводак, трэба ўмець рысаваць і чытаць гэтыя схемы. Усякую электрычную схему вычэрчваюць пры дапамозе ўмоўных абазначэнняў, самыя галоўныя з якіх прыведзены ніжэй у табліцы. Канкрэтныя электратэхнічныя схемы дадзены ў практычных работах.

§ 7. ПРАКТЫЧНЫЯ РАБОТЫ ПА ЭЛЕКТРАМАНТАЖУ

Работа 1. **Практычнае азнаямленне з электраасвятляльнай арматурай**

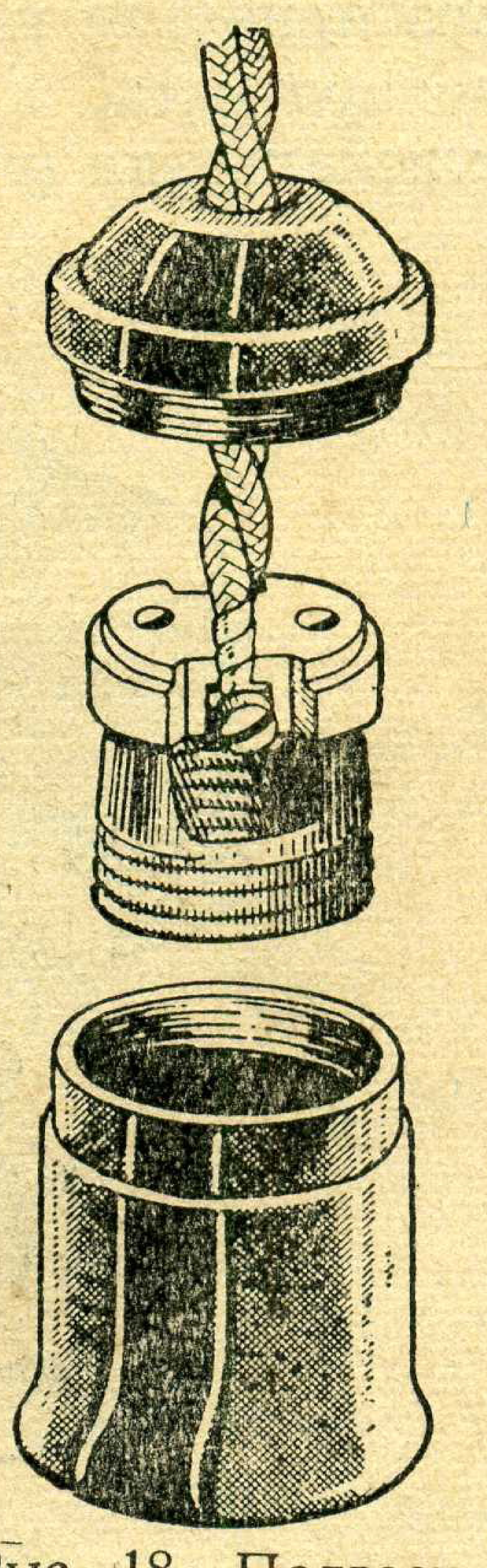
Мэта работы. Вывучыць будову і прынцып дзеяння электрычных патронаў, выключальнікаў і пераключальнікаў, засцерагальнікаў, штэпсельных разетак і вілачак, навучыцца разбіраць і збіраць іх.

Прыборы і абсталяванне: 1) выключальнікі перакіднога, паваротнага і кнопкавага тыпу, 2) пераключальнік любой канструкцыі, 3) патрон падвесны і столевы, 4) засцерагальнік нармальны з пробкай, 5) штэпсельная разетка з вілачкамі, 6) адвёрткі малыя, шырынёй 4 і 8 *мм*.

Тэарэтычныя звесткі

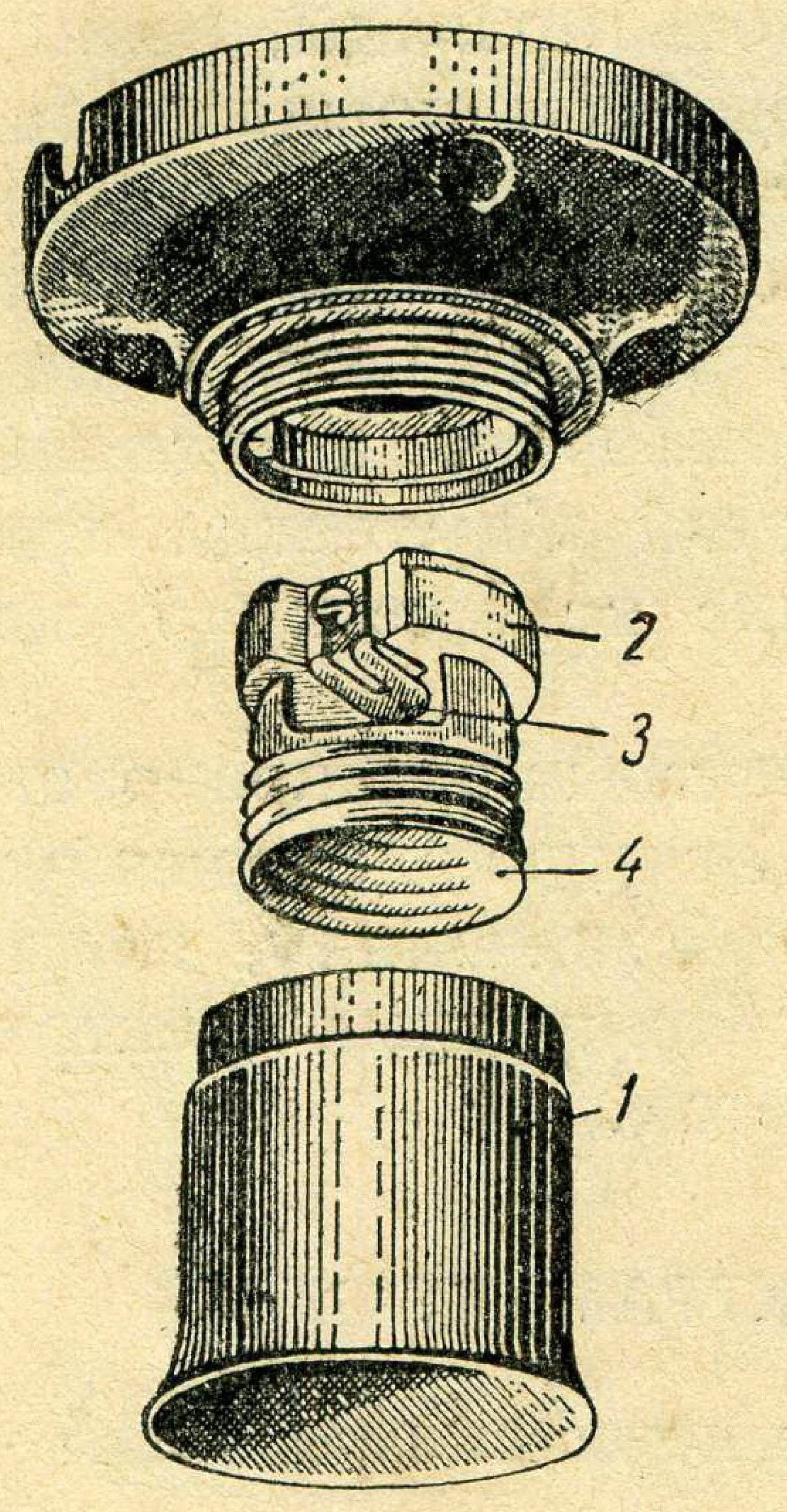
Азнаёмімся з прызначэннем і будовай найбольш распаўсюджаных узораў асвятляльнай арматуры.

Патроны. Па сваёй канструкцыі патроны дзеляцца на падвесныя (рыс. 18) для падвешвання на шнуры, столевыя (прамыя) для нерухомай устаноўкі на столях (рыс. 19) і сценныя (косыя) для прымацавання да сцен. У апошні час карпусы патронаў часцей за ўсё вырабляюць з карбаліту — аднаго з відаў пластмасы.



Рыс. 18. Падвесны патрон у разабраным выглядзе.

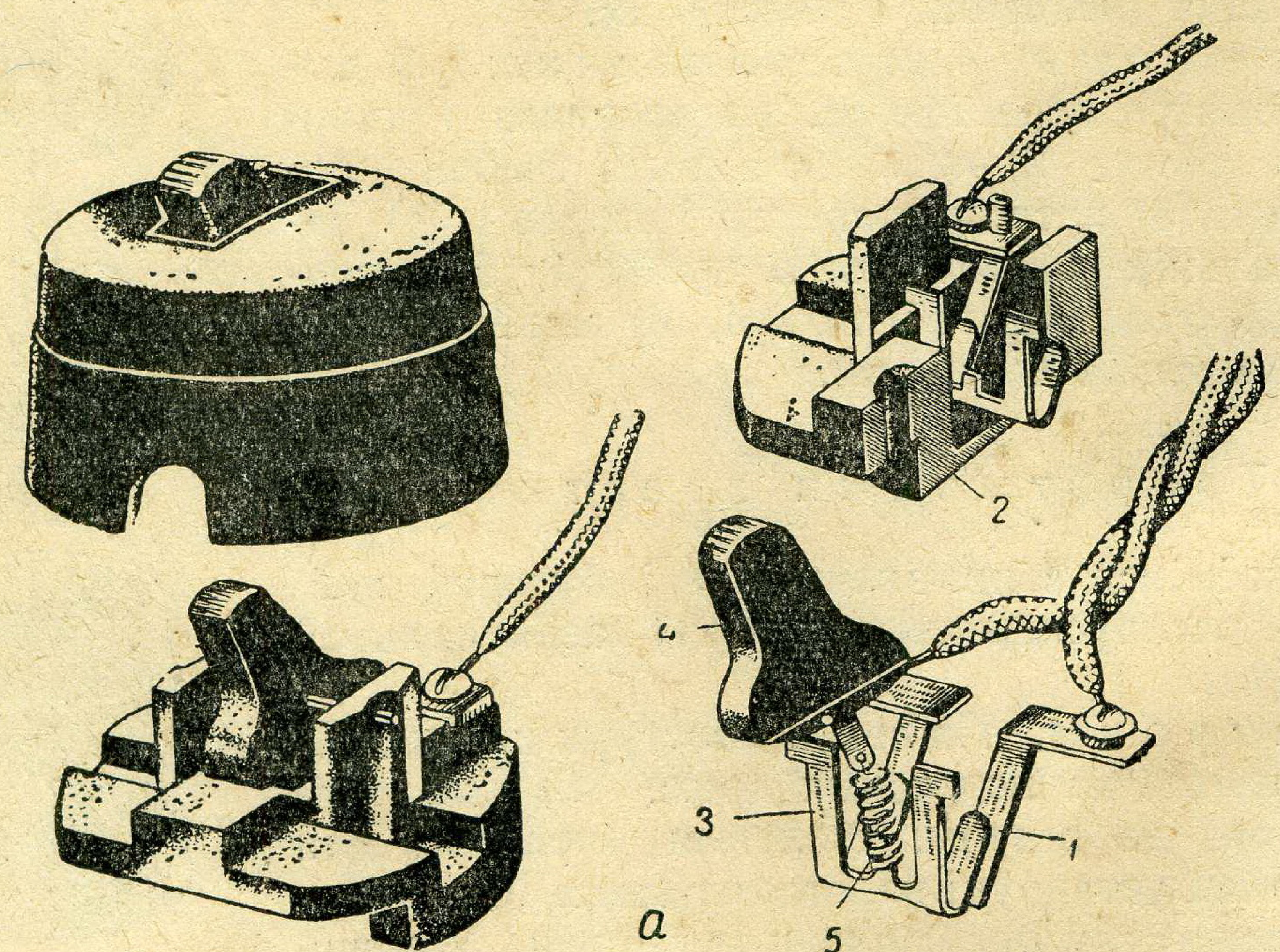
Патрон (рыс. 19) складаецца з бакавой накрыўкі *1*, у якую з аднаго канца ўстаўляюць карбалітавы або фарфоравы сардэчнік *2* з цэнтральным токавядучым кантактам *3* і металічным цокалем *4* з разьбой. Зверху сардэчнік закрываецца ў падвеснага патрона паўкруглай накрыўкай з адтулінай для правада, а ў столевага — асновай. Іх злучаюць з бакавой накрыўкай патрона пры дапамозе разьбы.



Рыс. 19. Столевы патрон у разабраным выглядзе.

У разьбу цокаля ўкручваецца лямпа, у якую праз цокаль і цэнтральны кантакт падводзіцца электрычны ток.

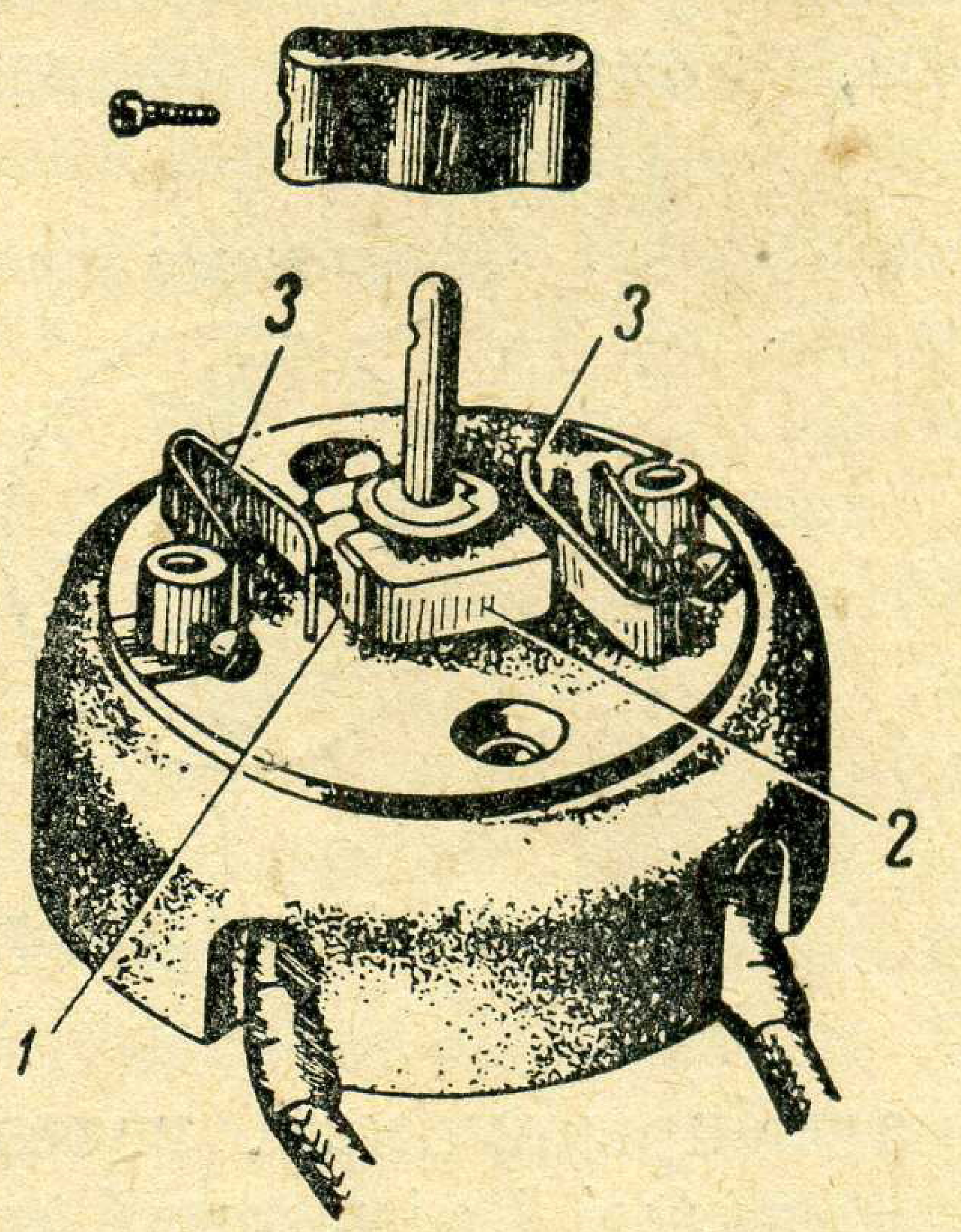
Выключальнікі. Прызначэнне выключальнікаў — размыкаць і замыкаць электрычныя ланцугі лямп і іншых маламагутных спажыўцоў электрычнага току. Кожны выключальнік мае два нерухомыя кантакты, уключаныя паслядоўна ў разрэз аднаго з правадоў сеткі. Канцы разрэзанага провада далучаюць да абодвух нерухомых кантактаў выключальніка пры дапамозе спецыяльных вінтавых зажымаў. Акрамя таго, у выключальніках ёсць адзін рухомы кантакт, які, перамяшчаючыся, злучае і раз'ядноўвае гэтыя нерухомыя кантакты. Выключальнікі бываюць паваротнага, перакіднога і кнопкавага тыпу. У перакіднога выключальніка (рыс. 20, *а*) нерухомыя кантакты *1* у выглядзе дзвюх



Рыс. 20, *а*. Перакідны выключальнік у разабраным выглядзе.

латунных палосак уведзены ў сярэдзіну яго асновы *2*. Рухомы кантакт *3* пры дапамозе ручкі *4* і спружыны *5* то дакранаецца да нерухомых кантактаў, злучаючы іх паміж сабой, то адыходзіць ад іх.

У паваротнага выключальніка (рыс. 20, *б*) рухомы кантакт *1* умацаван на барабане *2*; верцячыся з ім, ён замыкае і размыкае спружынячыя нерухомыя кантакты *3*.

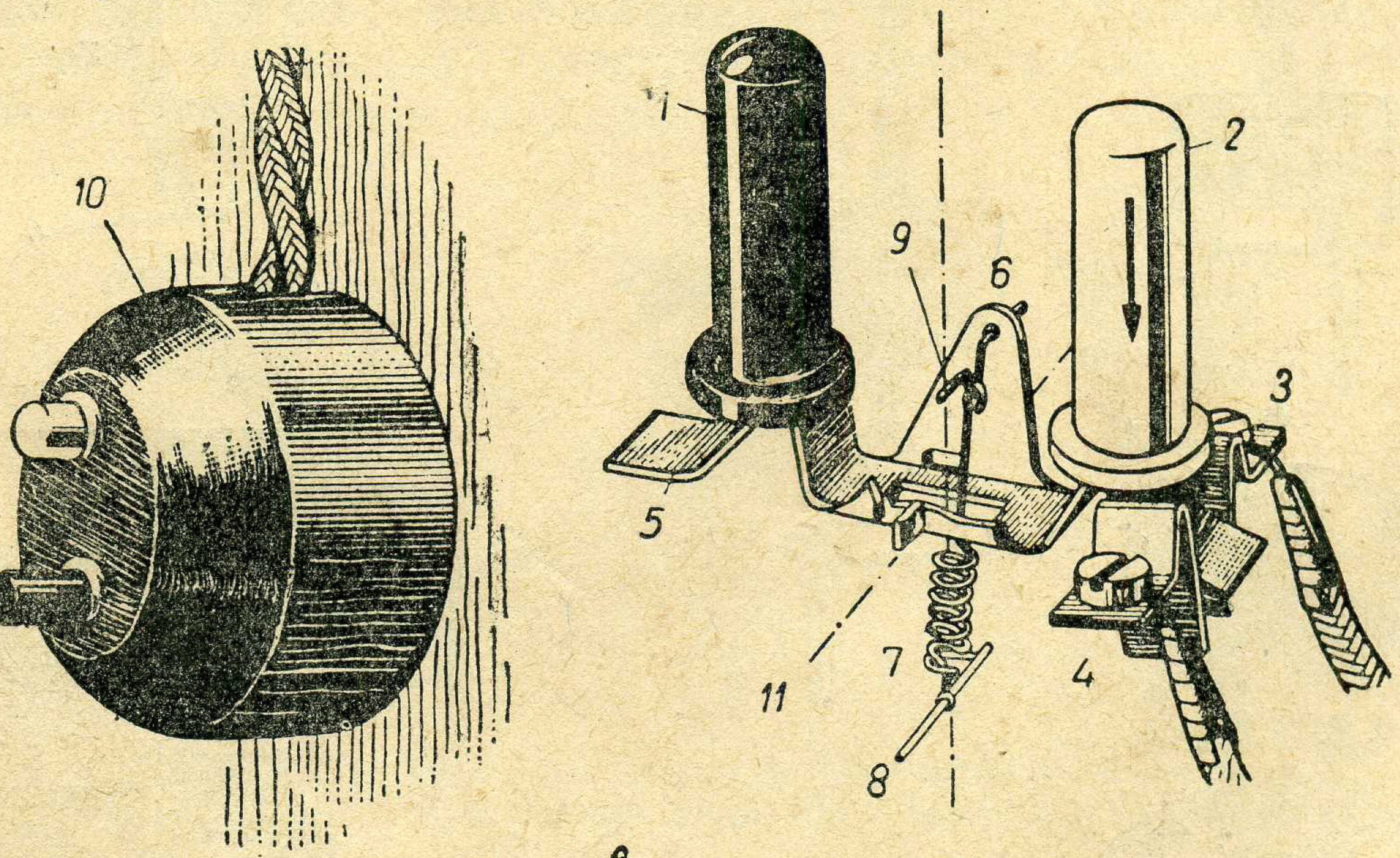


б

Рыс. 20, *б*. Паваротны выключальнік у разабраным выглядзе.

У выключальніка з дзвюма кнопкамі (рыс. 20, *в*) рухомы кантакт *5* мае выгляд каромысла. Пры націсканні на кнопку *2* ён апускаецца адным сваім канцом, заходзячы паміж нерухомымі кантактамі. Частка каромысла, якая апусцілася, злучае паміж сабой нерухомыя пругкія кантакты *3* і *4* і замыкае электрычны ланцуг. Пры націсканні на другую кнопку гэты канец рухомага каромысла падымаецца ўверх, і ланцуг размыкаецца. Для больш хуткага размыкання і замыкання служыць спружына 7, умацаваная на восях *8* і *9* і маючая праз стойку *6* найбольшае нацяжэнне ў сярэднім становішчы. Выключальнік закрыт накрыўкай *10*.

Ізалюючыя дэталі выключальнікаў, як і патронаў, вырабляюць таксама з карбаліту.



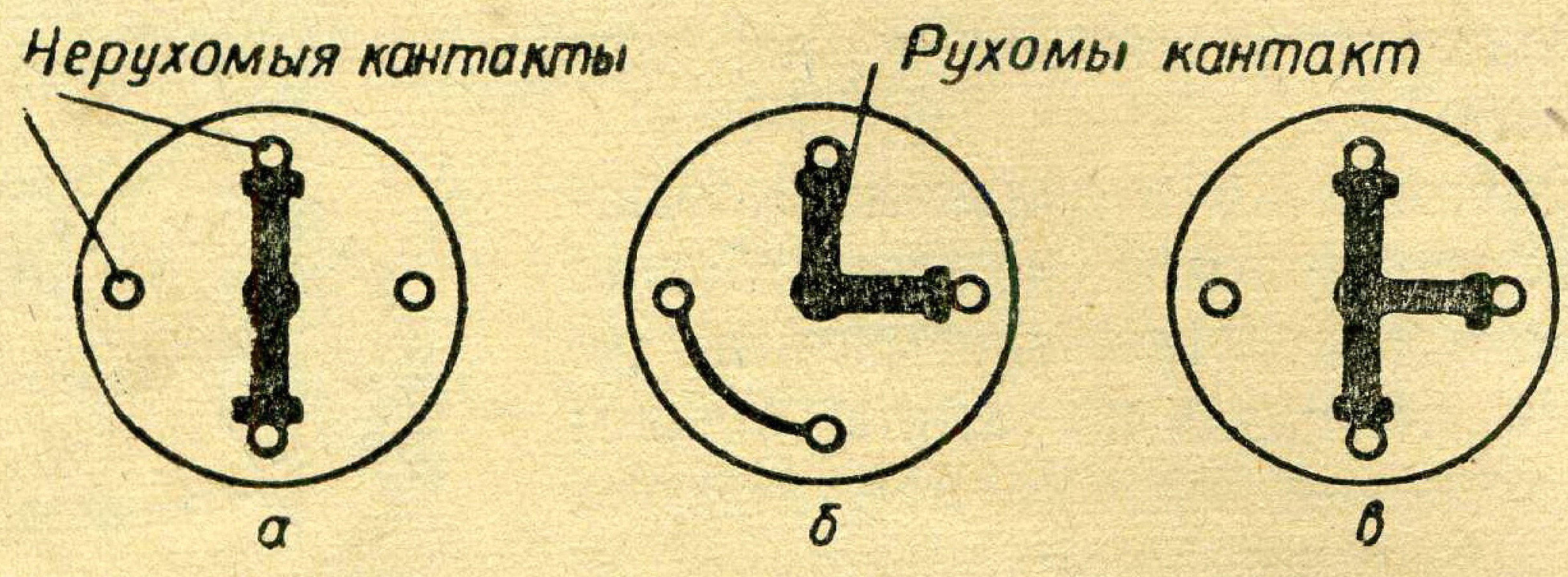
в

Рыс. 20, *в*. Кнопкавы выключальнік у разабраным выглядзе.

Будова пераключальнікаў больш складаная, але ўсе яны падобны па сваёй канструкцыі на паваротныя выключальнікі. Адрозненне іх у тым, што яны маюць не два, а чатыры кантакты і, акрамя таго,

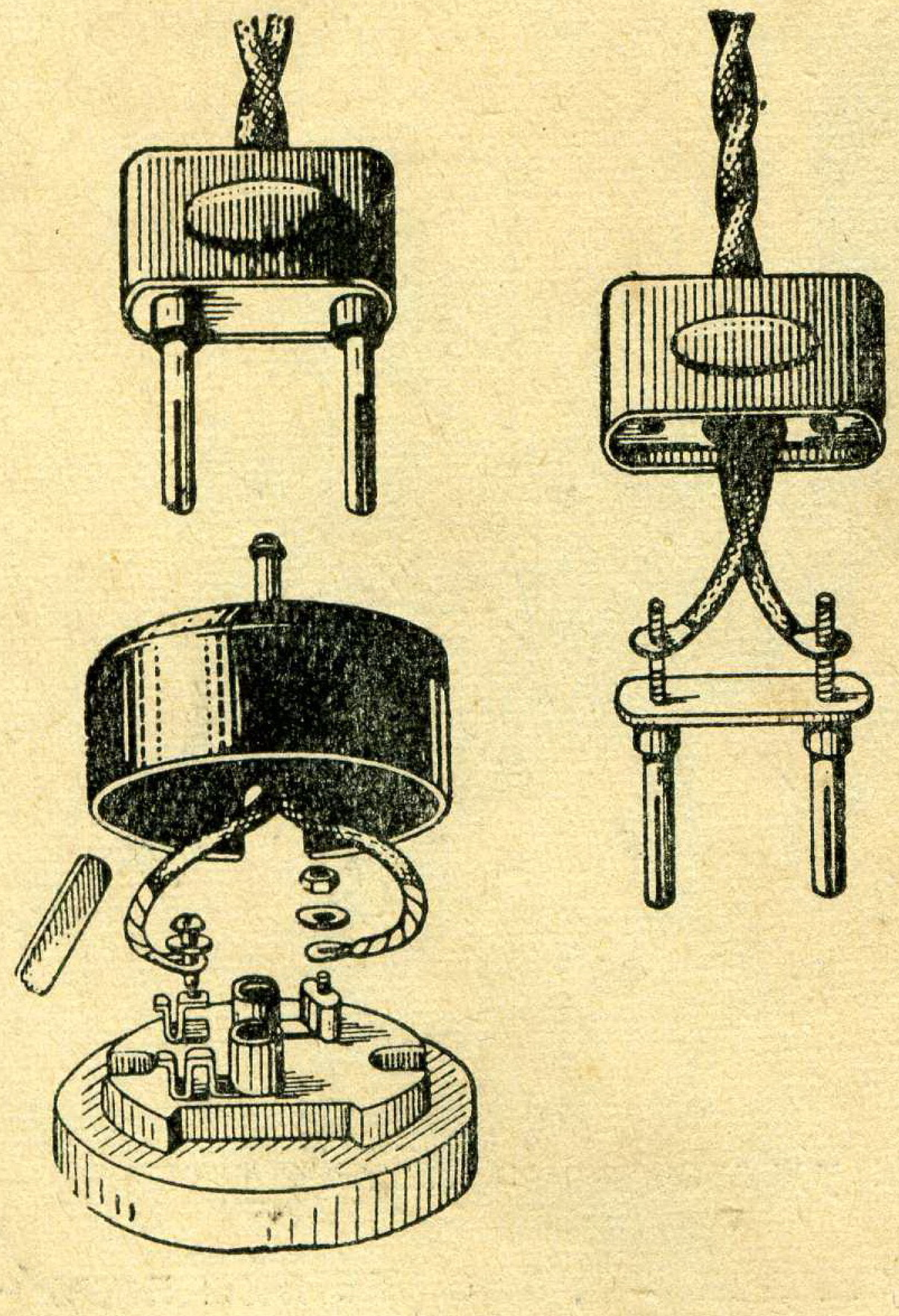
рухомы кантакт у іх больш складанай формы, чым у выключальніка (рыс. 21).

Штэпсельныя разеткі і вілачкі. Для ўключэння ў электрычную сетку пераносных спажыўцоў электраэнергіі, напрыклад настольных лямп, награвальных прыбораў,

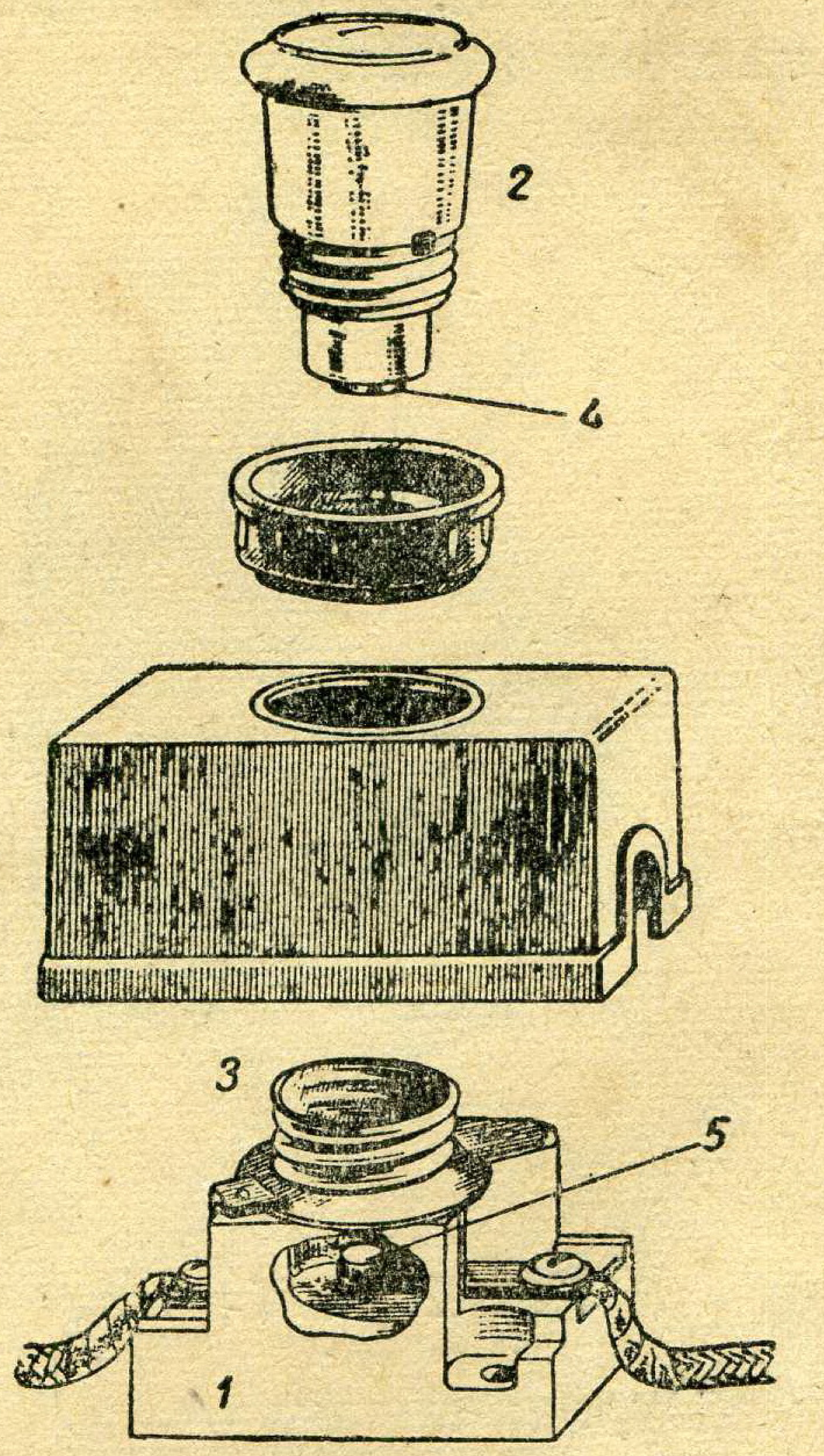


Рыс. 21. Прынцыповыя схемы пераключальнікаў рознага тыпу.

радыёпрыёмнікаў, тэлевізараў і г. д., карыстаюцца штэпсельнымі разеткамі і вілачкамі (рыс. 22). Кожная разетка складаецца з асновы, на якой умацоўваюцца два латунныя гнязды з адтулінай. З задняга боку асновы да гнёздаў далучаюць правады сеткі. У канструкцыях некаторых штэпсельных разетак ёсць плаўкія засцерагальнікі, якія пры ўзнікненні пашкоджанняў засцерагаюць электрычную праводку ад празмерных токаў. Зверху штэпсельная разетка закрываецца накрыўкай.



Рыс. 22. Штэпсельная разетка і вілачкі.

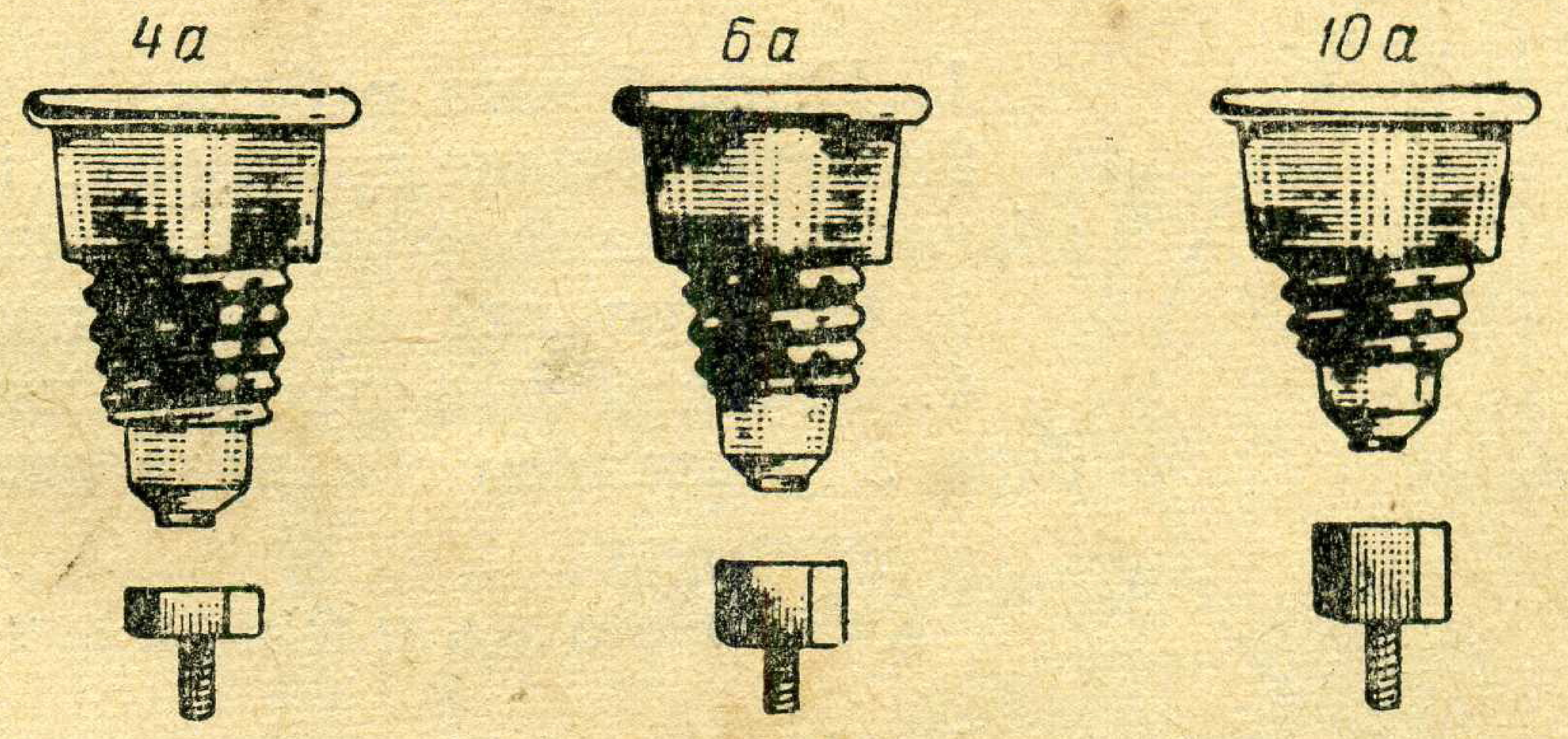


Рыс. 23. Плаўкі засцерагальнік з пробкай у разабраным выглядзе.

Для падключэння спажыўцоў электраэнергіі ў гнёзды разеткі ўстаўляюць металічныя штэпсельныя вілачкі, злучаныя з канцамі шнура, які ідзе да спажыўца.

Плаўкія пробкавыя засцерагальнікі. Кожны ўчастак электрычнай праводкі трэба засцерагчы ад магчымага пашкоджання празмерным токам, які прывядзе да перагрэву праводоў. Каб гэтага не здарылася, у асвятляльнай сетцы абавязкова ўстанаўліваюць пробкавыя засцерагальнікі. Такі засцерагальнік складаецца з засцерагальнай калодкі *1* (рыс. 23) і пробкі *2*. Пробку ўкручваюць у цокаль *3* з разьбой. Для таго каб корпус пробкі і калодкі вытрымаў некаторую тэмпературу нагрэву, яго вырабляюць толькі з фарфору. Астатнія ж дэталі пробкі часцей за ўсё робяць з карбаліту. Цэнтральны кантакт пробкі *4* датыкаецца да кантактавага вінта 5 засцерагальніка, які ўстанаўліваюць на дне паглыблення калодкі. Цокаль з разьбой, які ёсць у калодцы засцерагальніка, злучаюць з адным вывадным зажымам калодкі, а паглыблены цэнтральны кантакт *5*— з другім.

Плаўкі дроцік засцерагальніка, расплаўляючыся, размыкае электрычны ланцуг пры праходжанні па ім вельмі вялікага току. Каб ажыццявіць ахову ўчасткаў сеткі, плаўкія засцерагальнікі ўключаюць у ланцуг паслядоўна. У кватэрнай электраправодцы часцей за ўсё выкарыстоўваюць такія засцерагальнікі, пробкі якіх разлічаны на ток 4—6 або 10 *а*. Каб не было выкарыстання пробак, разлічаных на большую велічыню току ў засцерагальніках, якія разлічаны на меншы ток, цэнтральны кантакт калодкі засцерагальніка вырабляюць меншай вышыні. Найменшую вышыню кантакту робяць для пробкі, якая разлічана на 4 *а*. Для 6-ампернага засцерагальніка ўжываецца кантакт, вышыня якога больш на 2 *мм*, для 10-ампернага — яшчэ на 2 *мм*.



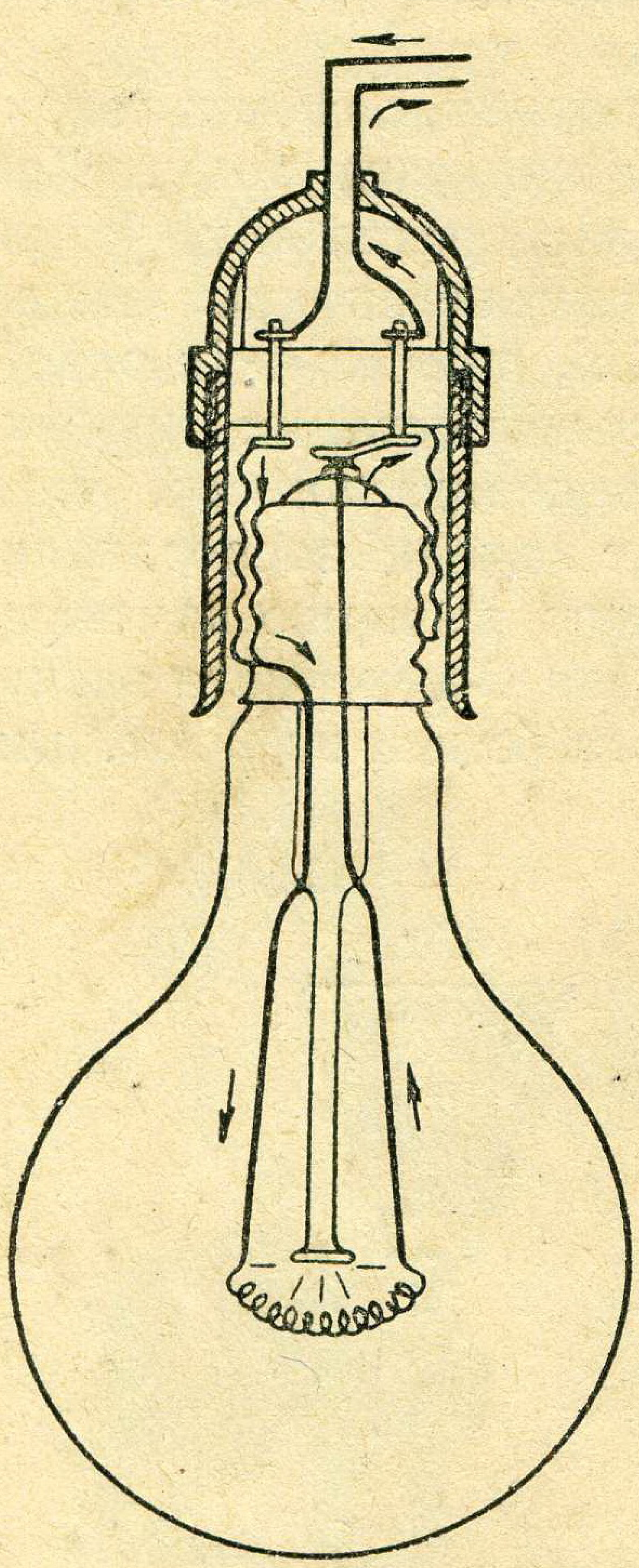
Рыс. 24. Адносныя размеры кантактаў і пробак для розных гранічных токаў.

Тая частка пробкі, якая ўкручваецца ў калодку ў 4-ампернага засцерагальніка, найбольшая, а таму пры ўстаноўцы гэтай пробкі ў засцерагальнік яна дастане да самага кароткага кантактавага вінта, разлічанага на велічыню току 4 *а*. Усе іншыя пробкі на большы ток больш кароткія і не дастануць да гэтага кантакту (рыс. 24).

Як і на засцерагальніках, на ўсіх выключальніках, пераключальніках і штэпсельных разетках указаны найбольшыя дапушчальныя (намінальныя) велічыні токаў і напружанняў, на якія гэтыя прыборы разлічаны. Перагружаць пералічаныя прыборы празмерным токам і павялічаным напружаннем нельга.

Выкананне работы

Разбярыце па чарзе: патрон, паваротны, перакідны і кнопкавы выключальнік, пераключальнік, штэпсельныя вілачкі, штэпсельную разетку з засцерагальнікам і без яго — і дэталёва вывучыце іх будову. Пры гэтым уважліва разгледзьце асобныя токавядучыя часткі іх, ізалюючыя карпусы і накрыўкі. Для кожнага прыбора складзіце спіс дэталей, указаўшы ў ім прызначэнне дэталей, і матэрыял, з якіх яны зроблены. Схематычна зарысуйце будову кожнага прыбора і шлях праходжання току па ім. Прыклад такой зарысоўкі для кожнага падвеснага патрона з лямпай дадзен на рысунку 25. Вызначце і запішыце намінальную велічыню токаў і напружанняў усіх прыбораў.



Рыс. 25. Разрэз патрона з лямпай.

Пасля вывучэння будовы і вызначэння ўсіх тэхнічных даных прыбораў збярыце і паспрабуйце іх у рабоце, затым зноў разбярыце і збярыце іх некалькі разоў (для практыкавання ў гэтых аперацыях).

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Прызначэнне прыбораў, іх умоўныя абазначэнні на электрычных схемах.
3. Спіс дэталей кожнага прыбора.
4. Схематычныя рысункі кожнага прыбора з указаннем токапраходжання.

Кантрольныя пытанні

1. Якая арматура выкарыстоўваецца ў кватэрнай электрычнай праводцы?
2. Чаму выключальнікі і засцерагальнікі ўключаюцца ў электрычны ланцуг паслядоўна, а патроны і штэпсельныя разеткі звычайна паралельна?
3. Чаму кожныя вілачкі павінны падыходзіць да ўсіх штэпсельных разетак?

4. Якія матэрыялы выкарыстоўваюць для вырабу дэталей электраасвятляльнай арматуры?

5. На якія найбольшыя, працягла дапушчальныя, токі нагрузкі выраблякоцца пробкі для кватэрнай праводкі?

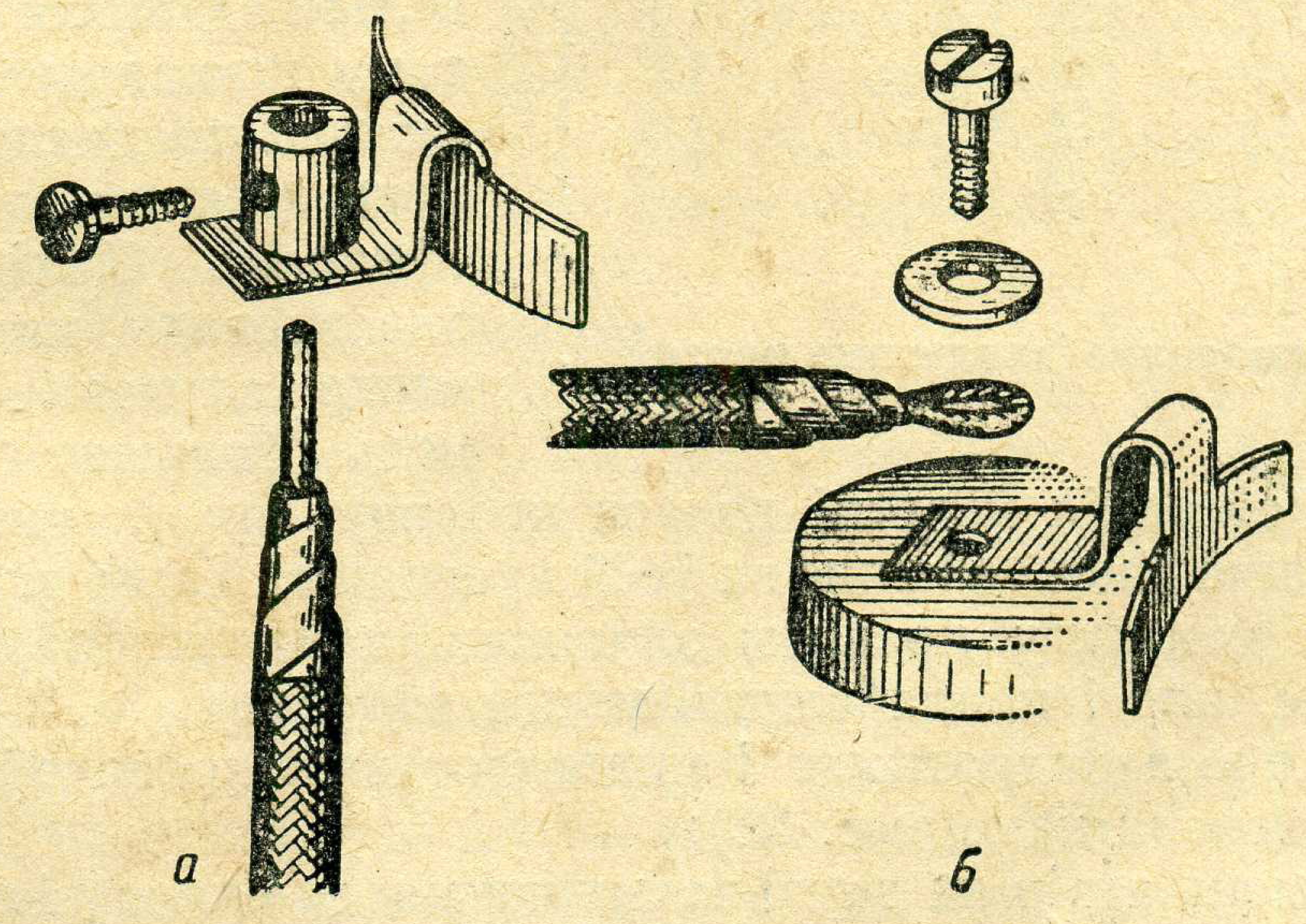
Работа 2. Выкананне аканцавання, зрошчвання, адгалінаванняў і пайкі правадоў ПРД, ПР і шнуроў ШР

Мэта работы. Азнаёміцца з будовай ізаляваных правадоў розных марак, навучыцца практычна рабіць аканцаванне правадоў, злучаць іх адзін з другім і падключаць да асвятляльнай арматуры.

Матэрыялы і інструменты: 1) невялікія кавалкі проваду ПРД, ПР і ПРГ і шнура ШР, 2) патрон, штэпсельная разетка з вілачкамі, засцерагальнік, 3) ізаляцыйная стужка, 4) манцёрскі нож, 5) малая адвёртка (з шырынёй рабочай часткі 4—5 *мм*), 6) пласкагубцы, 7) круглагубцы, 8) тыноль, 9) паяльнік, 10) набор прылад для паяння.

Тэарэтычныя звесткі

Кватэрную электрычную праводку пракладваюць ізаляванымі правадамі. Для таго каб далучыць металічныя жылы правадоў да зажымаў асвятляльнай арматуры, іх трэба агаліць, г. зн. зняць слой ізаляцыі і добра зачысціць. Зачышчаныя канцы правадоў трэба падрыхтаваць да падключэння пад зажымы прыбораў. Працэс аканцавання правадоў іменна і складаецца з усіх гэтых аперацый. Зразумела, што правады трэба зачышчаць вельмі акуратна, старанна, выконваючы ўсе правілы, прыведзеныя ніжэй.

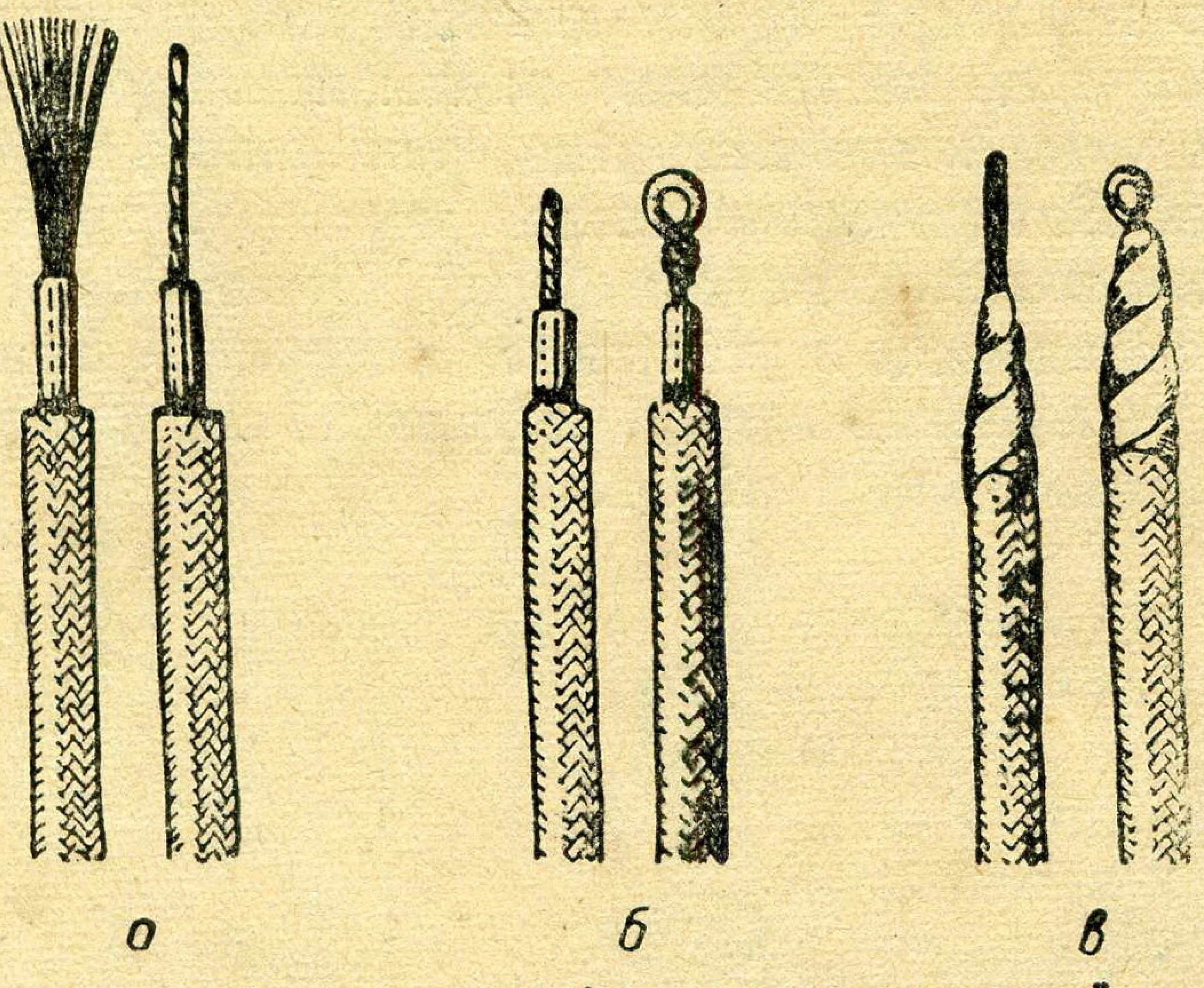


Рыс. 26. Зажым электрычных правадоў.

Кантакт на канцы зачышчанай жылы праваду выконваюць у выглядзе патарчакі або пяцелькі. Выбар таго ці іншага кантакту залежыць ад канструкцыі зажыма, да якога падключаюць провад. Калі зажым электрычнага прыбора мае выгляд трубачкі з бакавым вінтом (рыс. 26, *а*), то провад неабходна закончыць патарчакай. Калі ж зажым уяўляе сабой вінт з шайбамі (рыс. 26, *б*), то тады на канцы праваду робяць пяцельку. Аканцаванне правадоў робяць так:

а) З канца шнура зразаюць слой ізаляцыі (рыс. 27, *а*), па даўжыні 1,5 *см* (для патарчакі) або 2,5 *см* (для пяцелькі). Пры гэтым не трэба трымаць нож перпендыкулярна к праваду, таму што ў гэтым выпадку можна надрэзаць яго металічную жылу, якая пасля трохчатырох выгінанняў пераломліваецца. Пры зняцці ізаляцыі нажом робяць такія рухі, як пры завострыванні алоўка.

б) У залежнасці ад неабходнасці на аголеным канцы шнура робяць патарчаку або пяцельку (рыс. 27, *б*). Для гэтага асобныя дроцікі шнура зачышчаюць да бляску і скручваюць — патарчака гатова. Калі ж трэба зрабіць пяцельку, то скручаную жылу пры дапамозе круглагубцаў або цвіка, дыяметр якога ровен 3 *мм*, выгінаюць у кольца, астаткам праваду робяць вакол жылы два-тры віткі, абціскаюць іх пласкагубцамі і правяраюць, ці заходзіць зажымны вінт прыбора ў адтуліну пяцелькі. Дыяметр пяцелек на канцы шнура, які трэба далучыць да штэпсельных вілачак, павінен быць не 3, а 4 *мм*. Канец шнура, які застаўся аголеным перад пяцелькай або патарчакай, ізалююць стужкай.



Рыс. 27. **Аканцаванне ізаляваных правадоў.**

Пры мантажы электрычнай праводкі часта ўзнікае неабходнасць злучэння правадоў паміж сабой (іх зрошчванне). Зрошчванне — вельмі адказная аперацыя, таму што ад яе якасці залежыць працягласць і бяспека дзеяння электрычнай праводкі. Калі зрасціць два правады нядбайна, то месца злучэння іх будзе мець большае супраціўленне, чым суседнія ўчасткі цэлага праваду; яно пачне перагравацца і выкліча пашкоджанне ва ўсёй праводцы. Таму для большай надзейнасці кантакту правады злучаюць паміж сабой не толькі скручваннем, але і прапайваюць месцы злучэння.

Зрошчванне аднадротавых і мнагадротавых правадоў выконваюць наступным чынам (рыс. 28):

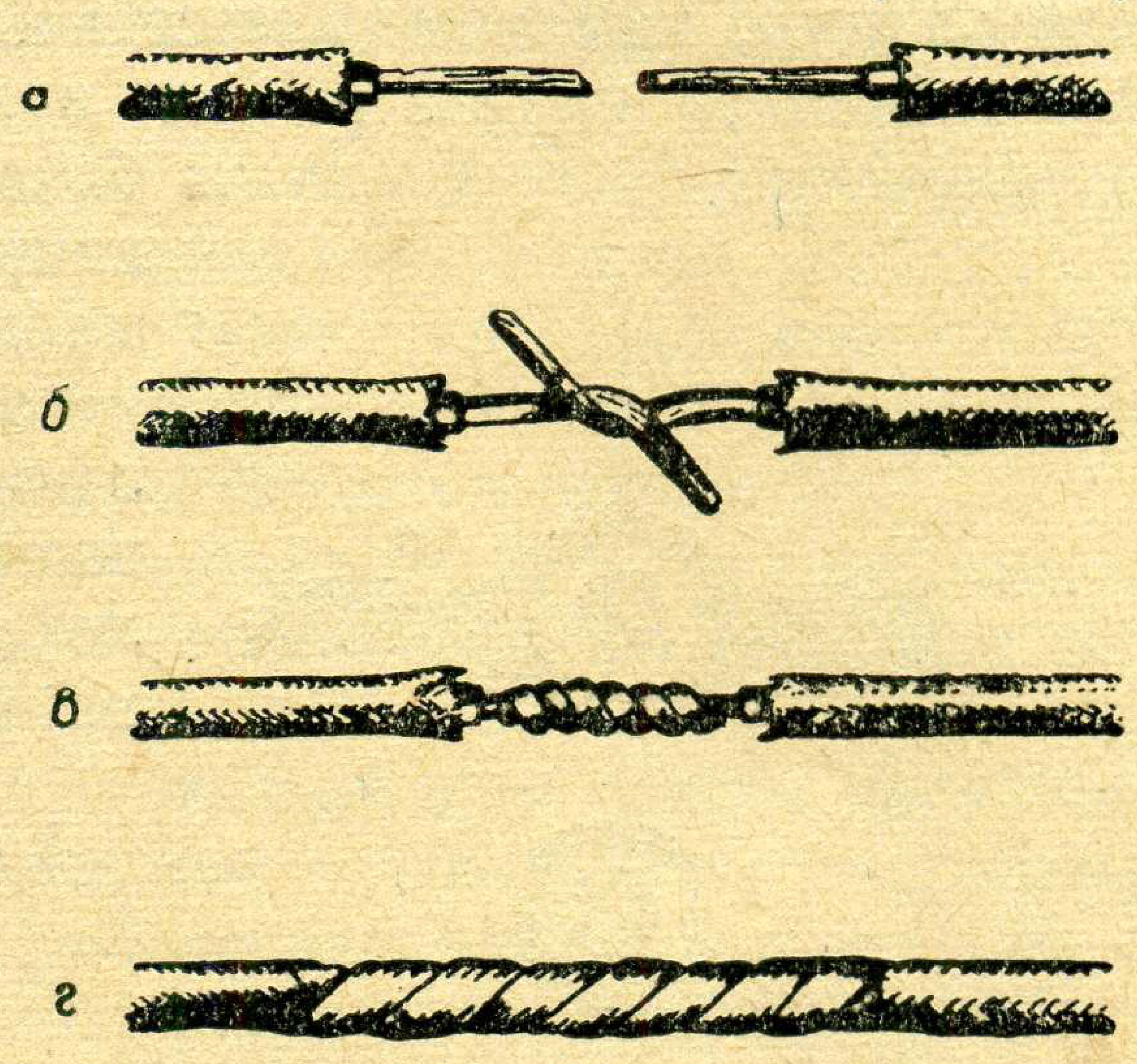
накладваюць адзін на другі зачышчаныя да бляску і скручаныя (у выпадку мнагадротавых правадоў) канцы праваду або шнура;

адзін канец праваду абкручваюць вакол другога 4—5 разоў,

шчыльна прыцiскаючы вiток да вiтка, тое ж самае робяць з другiм канцом проваду;

скручаныя правады па ўсёй даўжынi старанна прапайваюць мяккiм прыпоем пры дапамозе паяльнiка або ванначкi з расплаўленым прыпоем, куды апускаюць месца злучэння (для гэтага можна выкарыстаць тыноль, што намнога спросцiць працэс пайкi);

адна ўляюць зняты ў месцах зрошчвання правадоў слой iзаляцыi, абматваючы гэтае месца прагумаванай iзаляцыйнай стужкай, пры гэтым кожны наступны вiток стужкi павiнен перакрываць прынамсi палавiну папярэдняга, стужку пры накладваннi злёгку нацягваюць i прыцiскаюць да жылы, каб яна шчыльна прыстала да правадоў. (Выкарыстаць перасохшую стужку, якая страцiла лiпкасць, нельга.)



Рыс. 28. Зрошчванне правадоў i шнуроў.

Для жыўлення спажыўцоў электрычным токам ад галоўнай лiнii пракладваюць адгалiнаваннi.

У залежнасцi ад таго, у якiм напрамку адыходзяць правады i да якiх прыбораў, адгалiнаваннi бываюць:

паслядоўнае — ад двух канцоў аднаго разрэзанага проваду, такое адгалiнаванне, напрыклад, выконваюць да выключальнiкаў або засцерагальнiкаў;

паралельнае — ад двух магiстральных правадоў; напрыклад, да лямп, штэпсельных разетак i iншых спажыўцоў электрычнай энергii.

Усе зрошчваннi i адгалiнаваннi правадоў трэба рабiць толькi на ролiках i моцна да iх прывязваць, тады на месцы злучэння не будуць дзейнiчаць сiлы механiчнага нацяжэння правадоў, з прычыны чаго будзе менш выпадкаў раптоўнага парушэння гэтых злучэнняў.

Правады адгалiноўваюць так:

1. Паслядоўнае адгалiнаванне:

у тым месцы, дзе намечана рабiць адгалiнаванне, разразаюць адзiн провад шнура, якi iдзе над ролiкам (рыс. 29, *а*), асцярожна знiмаюць з абодвух канцоў разрэзанага проваду слой iзаляцыi на даўжынi 1,5 *см*;

зачышчаюць канцы далучаемага шнура i абводзяць яго вакол ролiка ўверх — да разрэзанага проваду (рыс. 29, *б*);

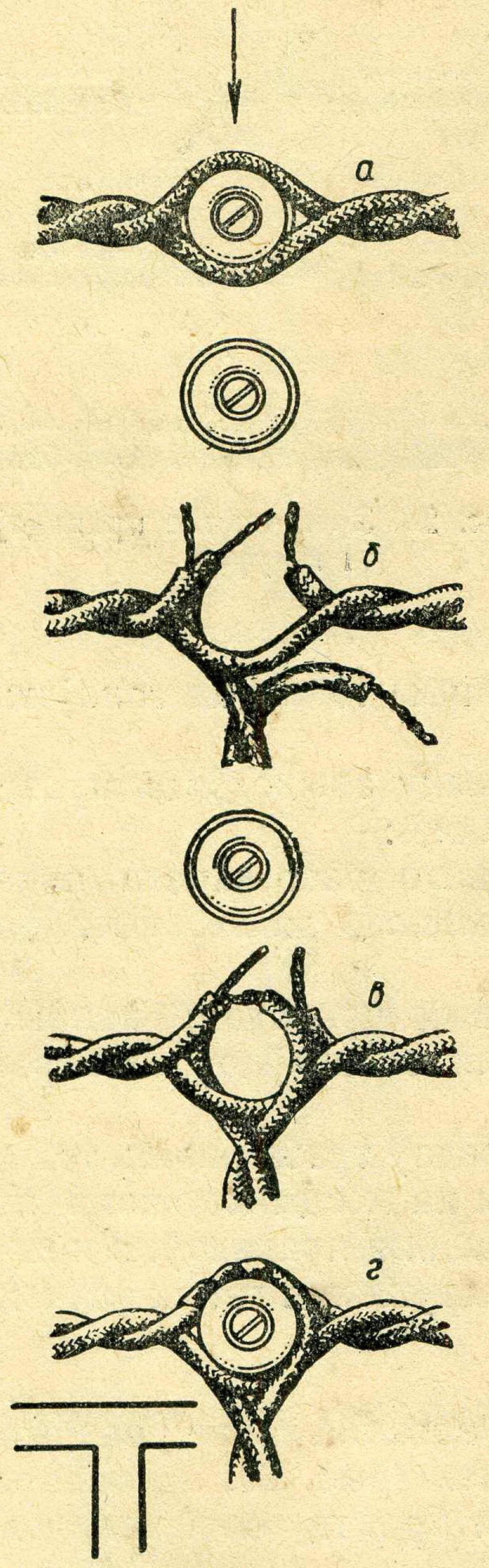
падведзены шнур скручваюць з канцамi разрэзанай жылы (рыс. 29, *в*), размяшчаючы месцы злучэння па абодва бакi ролiка, магчыма далей адно ад другога, i месцы скручвання абцiскаюць пласкагубцамi;

месцы злучэння прапайваюць, ізалююць, шнур акуратна абвіваюць вакол роліка і моцна да яго прывязваюць (рыс. 29, *г*).

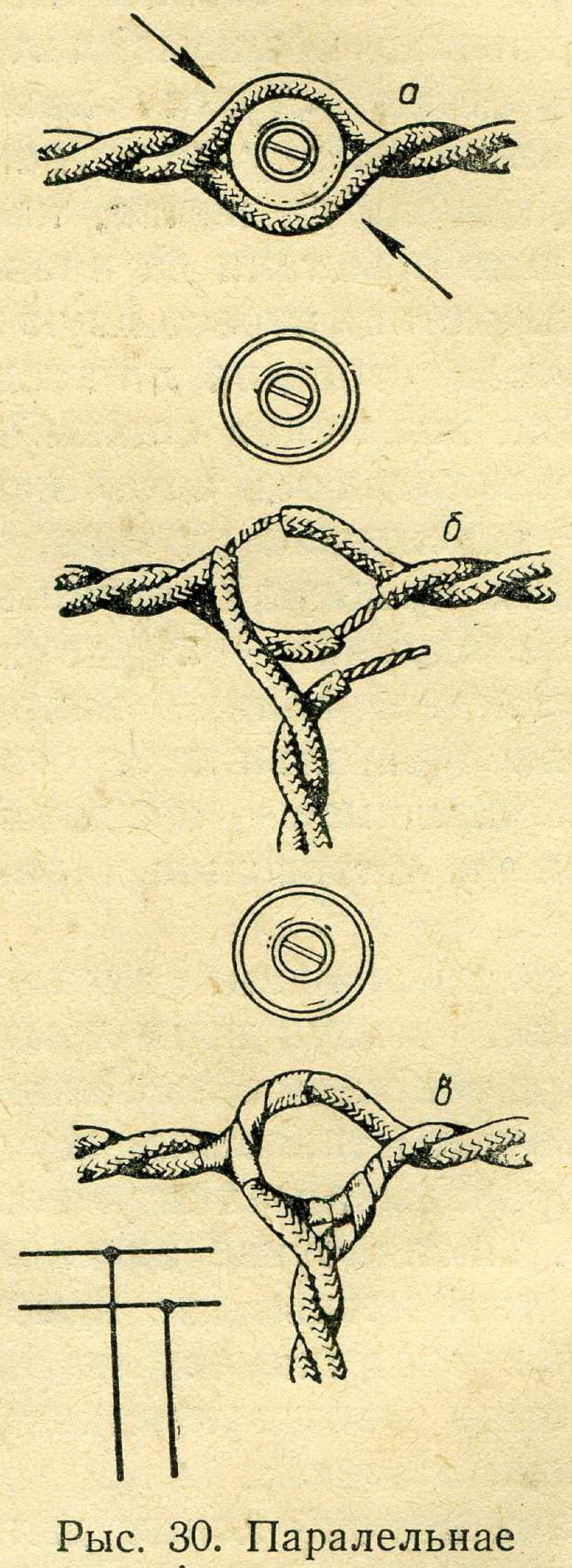
2. Паралельнае адгалінаванне:

з двух процілеглых бакоў роліка, ад якога будзе ісці адгалінаваемы шнур, намячаюць месцы адгалінавання (рыс. 30); пасля гэтага знімаюць шнур з роліка, зразаюць у гэтых месцах з абодвух бакоў шнура ізаляцыю (рыс. 30, *а*) і зачышчаюць агаленыя медныя жылы на даўжыні ў 1 *см*;

загадзя зачышчаныя канцы адгаліноўваемага шнура надзейна скручваюць з падрыхтаванымі жыламі галоўнай лініі (рыс. 30, *б*) і месцы скручвання абціскаюць пласкагубцамі;



Рыс. 29. Паслядоўнае адгалінаванне шнура.



Рыс. 30. Паралельнае адгалінаванне шнура.

злучэнні акуратна прапайваюць і надзейна ізалююць, надзяваюць шнур на ролік, размяшчаюць яго сіметрычна і прывязваюць (рыс. 30, *в*).

Выкананне работы

1. Пазнаёмцеся з будовай правадоў ПР, ПРГ, ПРД і шнура ШР, разгледзьце іх ізаляцыю. Зразаючы паступова слаі ізаляцыі, разгледзьце будову мнагадротавых жыл праваду ПРД і шнура ШР, вызначце адрозненне паміж імі.

Вылічыце сячэнне жыл правадоў, пастарайцеся навучыцца вызначаць стандартныя сячэнні жыл правадоў на вока.

2. Зрабіце аканцаванне правадоў патарчакай і пяцелькай з абавязковым прапайваннем іх і падключэннем да патрона, штэпсельнай разеткі, штэпсельных вілачак і засцерагальніка.

3. Зрабіце зрошчванне некалькіх аднадротавых і мнагадротавых правадоў з сячэннем да 6 *мм*, з прапайваннем і накладваннем слоя ізаляцыйнай стужкі.

4. На драўляным насценным або настольным шчыце надзеньце шнур на чатыры ролікі, прывяжыце яго да двух крайніх ролікаў, а ад аднаго сярэдняга зрабіце паралельнае адгалінаванне. Пасля гэтага зрабіце ад другога сярэдняга роліка паслядоўнае адгалінаванне, разрэзаўшы верхнюю жылу. Пры гэтым таксама асаблівую ўвагу трэба звяртаць на якасць злучэнняў металічных жыл, надзейнасць іх прапайвання і ізалявання стужкай.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Парадак выканання і змест аперацый па зрошчванню і адгалінаванню правадоў і шнуроў.
3. Будова правадоў марак ПР, ПРГ, ПРД і шнуроў ШР, іх адрозненне.
4. Рысункі выкананых аперацый.

Кантрольныя пытанні

1. Якое адрозненне ў будове правадоў ПР, ПРГ, ПРД і шнура ШР?
2. Для чаго выпускаюць правады з рознай таўшчынёй слоя гумавай ізаляцыі?
3. Калі ўжываюць аканцаванне правадоў патарчакай, а калі пяцелькай?
4. Чаму неабходна прапайваць месцы злучэння і адгалінавання правадоў?
5. Якое адгалінаванне трэба выканаць, каб адвесці провад да выключальніка, да лямпы, да штэпсельнай разеткі?
6. Чаму нельга рабіць адгалінаванні правадоў у пралётах паміж ролікамі?

Работа 3. **Мантаж спрошчанай схемы праводкі з патронам і выключальнікам**

Мэта работы. Навучыцца выконваць вытворчыя працэсы пракладвання шнуроў на роліках і набыць навыкі па зборцы схемы асвятлення з адной лямпай і выключальнікам.

Матэрыялы і інструменты: 1) драўляны шчыт даўжынёй 1,5 *м* і шырынёй 1 *м*, прымацаваны да сцяны або пакладзены на стол, 2) провад ПРД або шнур ШР сячэннем 1 *мм*²— 1,5 *мм*² — 2,5 *мм*², 3) патрон, 4) лямпа напальвання на 127 або 220 *в*, 5) выключальнік, 6) засцерагальнікі пробкавыя на 4 *а* — 2 шт., 7) ролікі РШ-4—5 шт., 8) драўляныя разеткі — 2 шт., 9) вінты для дрэва дыяметрам 4 *мм*, даўжынёй 40 *мм* — 8 шт., 10) вінты для дрэва дыяметрам 3 *мм*, даўжынёй 25 *мм* — 8 шт., 11) ізаляцыйная стужка, 12) пласкагубцы і круглагубцы, 13) манцёрскі нож, 14) шыла, 15) адвёртка малая і сярэдняя, 16) тасьма для прывязвання шнура да ролікаў.

Тэарэтычныя звесткі

Манціруючы схемы асвятлення, трэба прасачыць за тым, каб адгалінаванняў і злучэнняў правадоў у схемах было як мага менш, таму што іменна ў гэтых месцах часцей за ўсё ўзнікаюць непаладкі і аварыі. У некаторых выпадках схемы можна сабраць наогул без адгалінаванняў і зрошчванняў з цэлых кавалкаў проваду. Да такіх схем належыць і схема, якую трэба зманціраваць пры выкананні дадзенай практычнай работы. Гэта схема жыўлення адной лямпы з выключальнікам і засцерагальнікамі.

У схеме няма ні аднаго адгалінавання і зрошчвання правадоў, дзякуючы чаму яна будзе працаваць вельмі надзейна. Адзіны недахоп мантажу такіх схем без адгалінаванняў заключаецца ў тым, што трэба расплятаць і зноў сплятаць значнай даўжыні ўчасткі пракладваемага шнура.

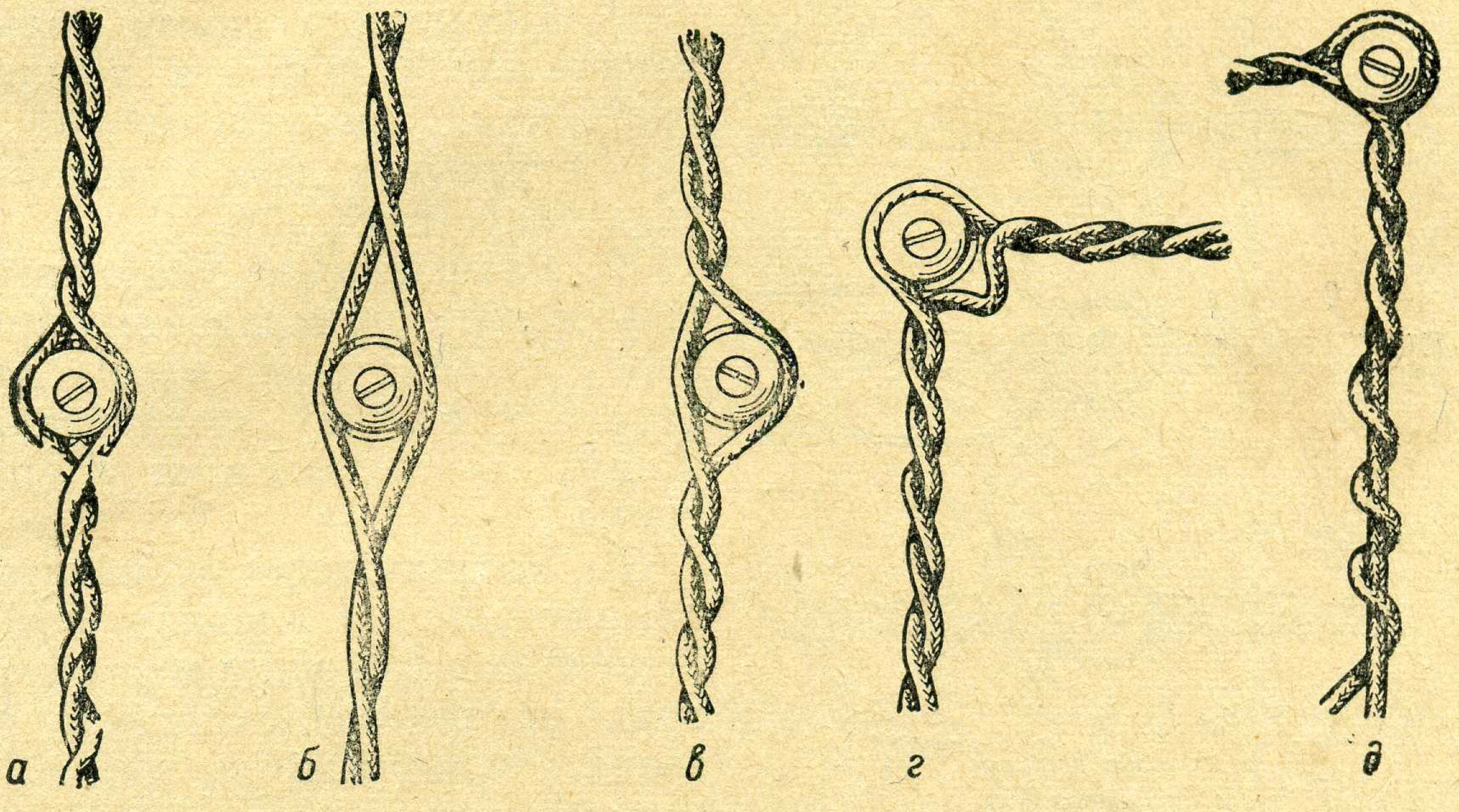
Сплятаючы абодва правады ў агульны шнур, стараюцца надаць яму такі ж самы выгляд, які ён меў пасля вырабу на кабельным заводзе. Для гэтага прытрымліваюцца такіх правіл:

1. На ўсіх участках праводкі сплятаюць шнур у адзін бок, верцячы яго правады па гадзіннікавай стрэлцы.
2. Не дапускаюць празмернага скручвання жыл шнура. Адлегласць паміж двума суседнімі віткамі яго павінна раўняцца 25—30 *мм*.
3. Уяўная восевая лінія сплеценага шнура павінна праходзіць праз цэнтр усіх ролікаў, на якіх ён пракладваецца.
4. Пры павароце лініі пракладвання шнура на 90° неабходна абавязкова расплесці шнур, а пасля замацавання яго на вуглавым ролiку зноў сплесці так, каб шнур на гэтым ролiку ўтварыў прамы вугал і не меў пяцелек.
5. Скручваемыя жылы шнура нацягваюцца з аднолькавай

сілай, у адваротным выпадку адна жыла (перацягнутая) будзе ўяўляць сабой вось, вакол якой спіральна будзе віцца другая жыла.

Недахопы, якія атрымліваюцца пры спляценні правадоў, паказаны на рысунку 31.

Каб забяспечыць надзейнасць умацавання ролікаў і драўляных разетак на драўляных сценах, у намечаных пунктах робяць неглыбокія (2—2,5 *см*) праколы тонкім шылам, злёгку паварочваючы яго.

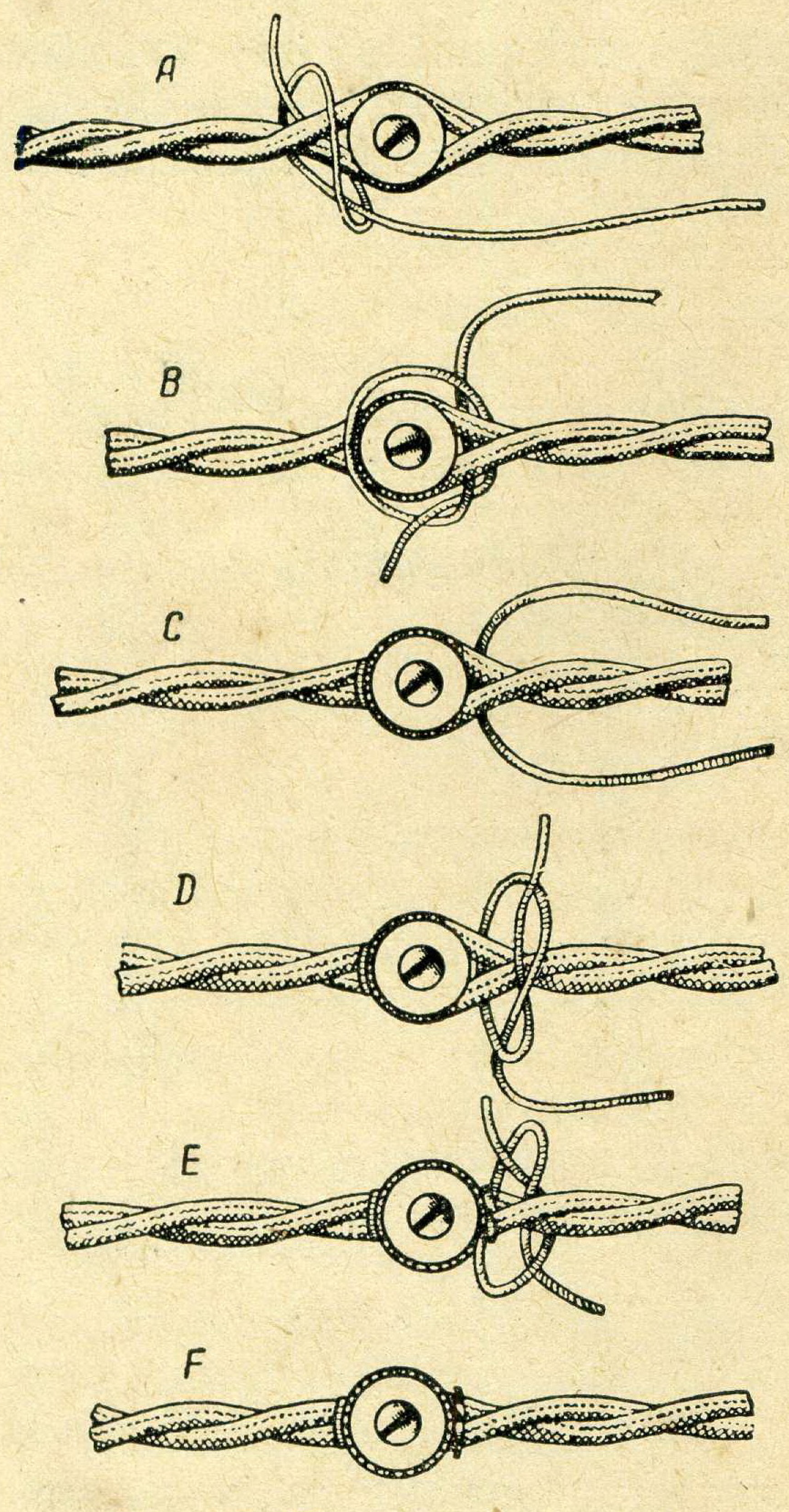


Рыс. 31. Недахопы пры спляценні шнура:
а) шнур сплецен у два бакі, *б)* шнур сплецен слаба, *в)* восевая лінія шнура ссунута, *г)* шнур даў пяцельку на павароце, *д)* адзін провад закручваецца вакол перацягнутага.

Каб шнур не спадаў з ролікаў, яго прывязваюць да іх шпагатам або тасьмой. Дрот для гэтай мэты выкарыстаць нельга, таму што ён з часам перарэжа ізаляцыю шнура і замкне яго металічныя жылы. Шнур да ролікаў прывязваюць тады, калі зроблены ўсе адгалінаванні, зрошчванні і на ўсіх участках провад сплецен. Парадак прывязвання шнура да ролікаў паказан на рысунку 32.

З аднаго боку роліка, адступіўшы ад яго на 0,5—0,8 *см*, прывязваюць да шнура шпагат (рыс. 32, *A*). Прапусціўшы канцы шпагату пад шнур і вывеўшы іх на другі бок роліка, нацягваюць праводку ў напрамку да роліка. Шпагат на роліку пад шнурам завязваюць вузлом (рыс. 32, *B*). Затым пераводзяць канцы нацягнутага шпагату на другі бок шнура (зверху яго) і зноў завязваюць вузлом (рыс. 32, *C* і *D*). Яшчэ раз пераводзяць шпагат пад шнур і, завязаўшы апошні вузел, лішнія канцы шпагату адразаюць (рыс. 32, *E*).

Замацаваўшы шнур на ўсіх роліках, старанна выпрамляюць яго, размяшчаюць сіметрычна і падключаюць канцы шнура да ўстаноўленай арматуры. Праверыўшы сабраную схему і пераканаўшыся ў яе правільнасці, падключаюць канцы схемы да дзейнічаючай электрычнай сеткі і правяраюць работу ўсіх прыбораў, уключаных у схему.



Рыс. 32. Прывязванне шнура да роліка.

Выкананне работы

1. Нарысуйце схему ўключэння адной лямпы з выключальнікам, прадугледзеўшы ў ёй устаноўку двух засцерагальнікаў (рыс. 33).

2. Размецьце на драўляным шчыце лініі пракладвання правадоў гэтай схемы, месцы для ўстаноўкі ролікаў, засцерагальнікаў, выключальніка і патрона.

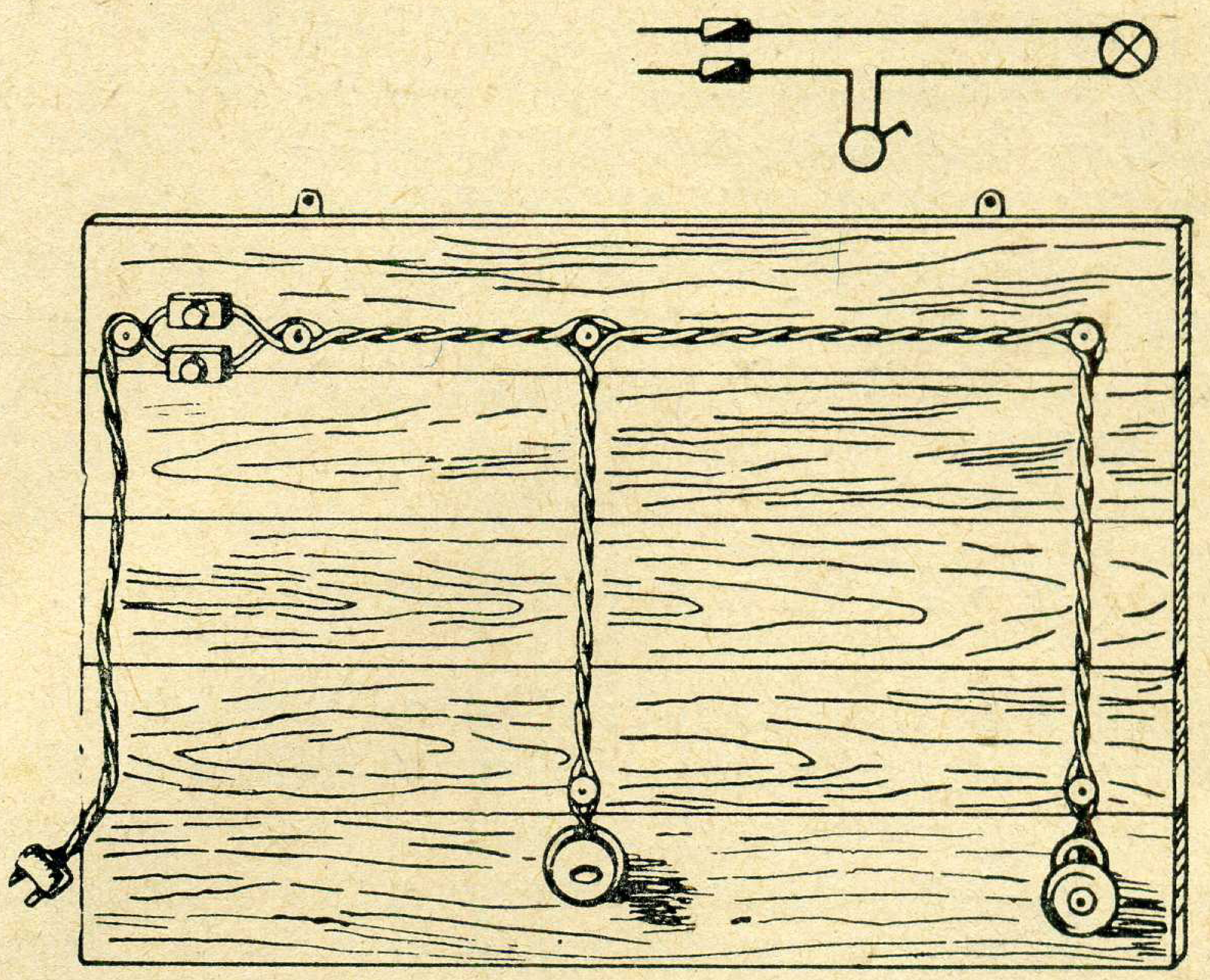
3. Устанавіце ролікі на шчыце, адмерайце і адрэжце неабходныя кавалкі шнура для праводкі да засцерагальнікаў і за засцерагальнікамі да лямпы з заходам адным провадам у выключальнік. Прывяжыце шнур да першага роліка і пракладзіце яго да таго месца, дзе шнур трэба расплесці. Расплящіце шнур і, зрабіўшы заход адным провадам у выключальнік, зноў скруціце яго. Канчаткова праверце размяшчэнне шнура і прывяжыце яго да ролікаў. Зрабіце зачыстку канцоў шнура і падрыхтуйце яго для далучэння да арматуры.

4. Устанавіце драўляныя разеткі і замацуйце на іх выключальнік і патрон, устанавіце засцерагальнікі.

5. Далучыце канцы шнура да прыбораў і вілачак, устаўце пробкі ў засцерагальнікі, закрыйце прыборы накрыўкамі, укруціце ў патрон лямпу і, паставіўшы ручку выключальніка ў становішча «выкл.», падайце ў змантіраваную схему ток, атрымаўшы на гэта дазвол настаўніка.

6. Праверце работу схемы і ўсіх устаноўленых прыбораў.

7. Разбярыце змантіраваную схему і акуратна складзіце ўсе інструменты на рабочым месцы.



Рыс. 33. Мантаж схемы ўключэння аднай лямпы
з выключальнікам на шчыце.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.

2. Кароткае апісанне тэхнічных правіл і норм, якія неабходна захоўваць пры пракладванні шнуравой праводкі.

3. Спіс выкарыстаных прыбораў і матэрыялаў з кароткай тэхнічнай характарыстыкай кожнага з іх.

Кантрольныя пытанні

1. У якой паслядоўнасці пракладваюць шнуравую праводку?

2. У якіх памяшканнях можна пракладваць шнуравую праводку?

3. Якія маркі і сячэнні правадоў ужываюць пры мантажы кватэрнай электраправодкі?

4. На якой вышыні ад падлогі ўстанаўліваюць выключальнікі і штэпсельныя разеткі?

5. Якая адлегласць павінна быць паміж дзвюма паралельна пракладзенымі лініямі шнуравой праводкі?

6. Пералічыце інструменты, якія патрэбны для правядзення электрамантажных работ?

Работа 4. **Мантаж схемы праводкі электрычнага званка, які жывіцца ад асвятляльнай сеткі**

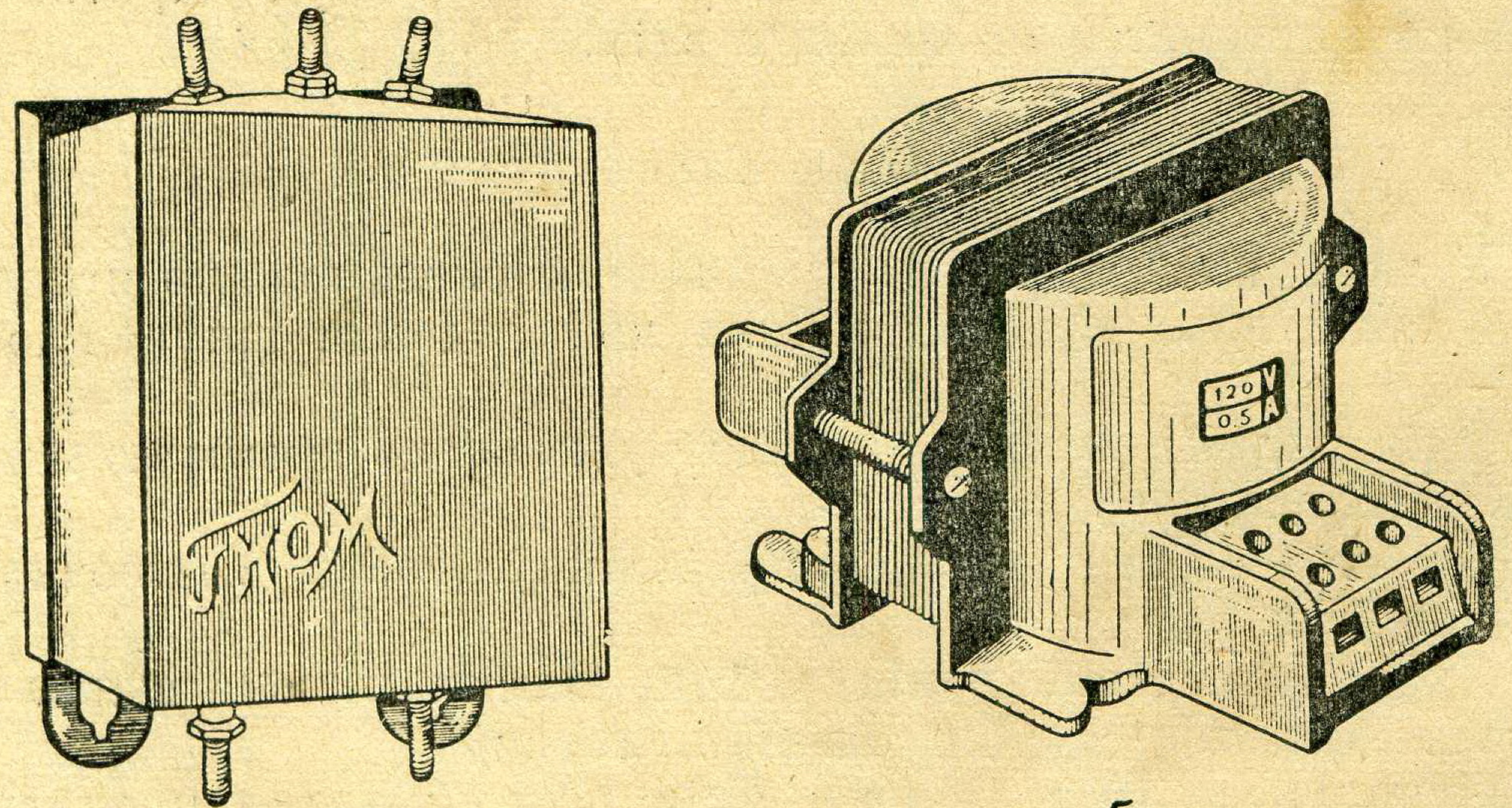
Мэта работы. Практычна вывучыць вытворчыя прыёмы пракладвання званковай праводкі. Зборка схем жыўлення званка і ўключэння яго пры дапамозе кнопкі.

П р ы б о р ы, м а т э р ы я л ы і і н с т р у м е н т ы: 1) электрычны званок з трансфарматарам, 2) кнопкі званковыя — 2 шт., 3) провад ПБД — 8 *м* або тэлефонны кабель марак ТРВК або ВРГ — 4 *м*, 4) засцерагальнікі пробкавыя малыя — 2 шт., 5) цвікі даўжынёй 15—20 *мм* з шырокай паўкруглай галоўкай — 25 шт., 6) ізаляцыйная стужка, 7) малаток, 8) манцёрскі нож, 9) пласкагубцы і круглагубцы, 10) адвёртка малая, 11) матэрыялы і прылады для паяння.

Т э а р э т ы ч н ы я з в е с т к і

Электрычныя званкі выкарыстоўваюць у жылых і службовых памяшканнях для падачы гукавых сігналаў. Больш за ўсё распаўсюджаны званкі, абмотка электрамагніта якіх разлічана на нізкае напружанне, 4—6 *в*. Выкарыстанне нізкага напружання значна спрашчае не толькі будову электрычнага званка, але і ўсю праводку. Пры такім напружанні можна выкарыстаць тонкія правады з ізаляцыяй без слоя гумы і пракладваць іх прама па сцяне.

Для жыўлення званковых схем часцей за ўсё выкарыстоўваюць невялікія паніжаючыя трансфарматары (рыс. 34). Пярвічная абмотка такіх трансфарматараў разлічана на напружанне 127 або 220 *в* і ўключаецца ў кватэрную асвятляльную сетку, а ад утарычнай абмоткі, у якой індукціруецца пераменны ток напружаннем 4—6 *в*, жывіцца абмотка электрамагніта званка.



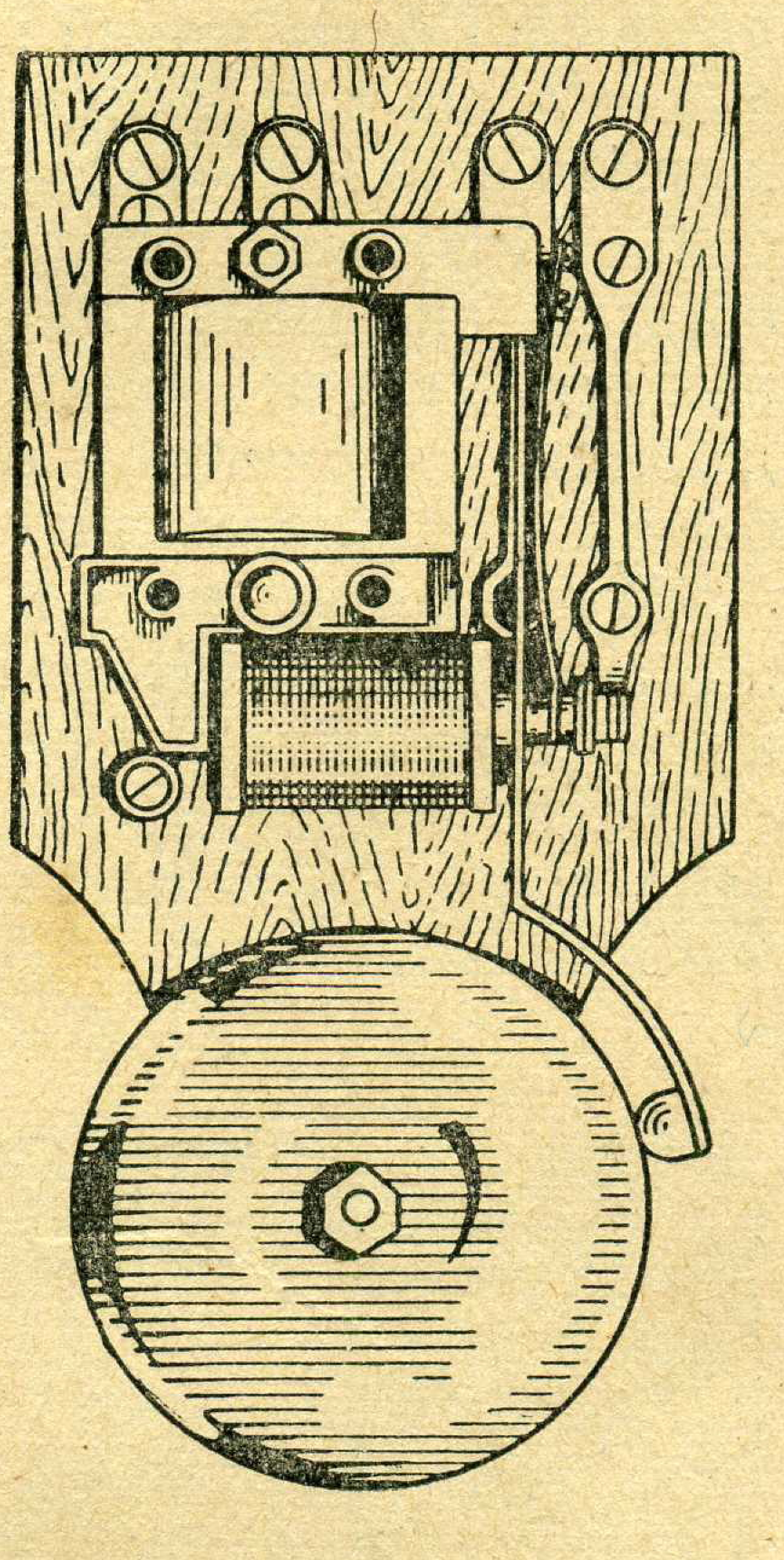
а *б*

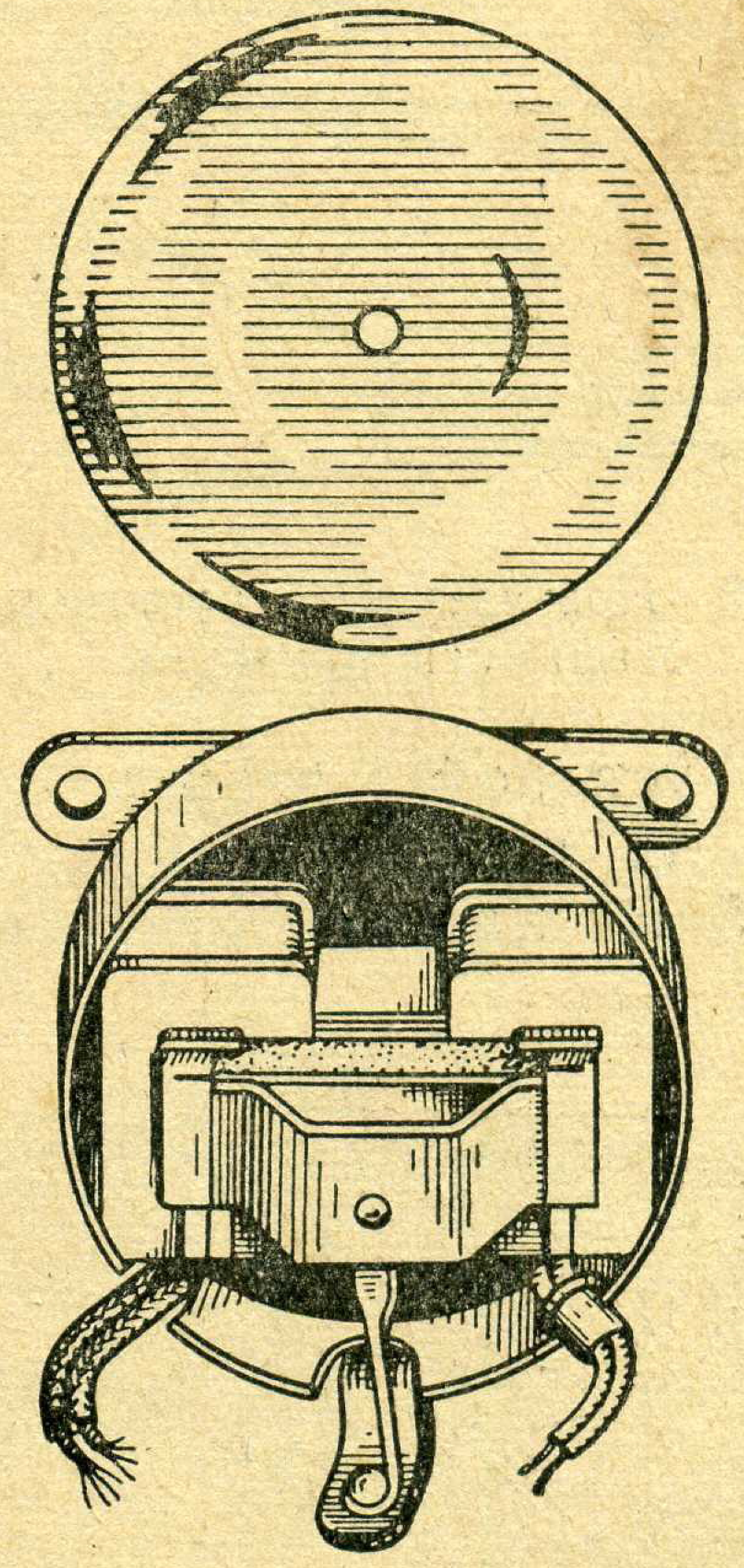
Рыс. 34. Званковыя трансфарматары.

Будова і работа найбольш распаўсюджанага электрычнага званка з перарывальнікам і якарчыкам вядома з курса фізікі VII класа. Такі званок прыгодны для работы як на пераменным, так і на пастаянным току. У апошні час некаторае распаўсюджанне ў

быту атрымалі званкі, канструкцыя якіх адрозніваецца ад разгледжанага раней. Гэта званок з трансфарматарам і перарывальнікам (рыс. 35, *а*) і званок з трансфарматарам без перарывальніка (рыс. 35, *б*). Другі званок складаецца з трансфарматара і якарчыка — пругкай пласцінкі з малаточкам. Пры націсканні кнопкі па абмотках званка будзе праходзіць пераменны ток. Сардэчнік трансфарматара пачне бесперапынна перамагнічвацца, з прычыны чаго якарчык пачне вібрыраваць. Злучаны з ім малаточак будзе вагацца і ўдараць па чашачцы званка.

Па правілах, якія дзейнічаюць зараз, забараняецца ўключаць званок у асвятляльную сетку паслядоўна з лямпай, якая выконвае функцыі рэастата і абмяжоўвае ў званковым ланцугу велічыню току. Гэтае патрабаванне абумоўлена тым, што пры ўключэнні званка непасрэдна у асвятляльную сетку (нават праз лямпу)





а *б*

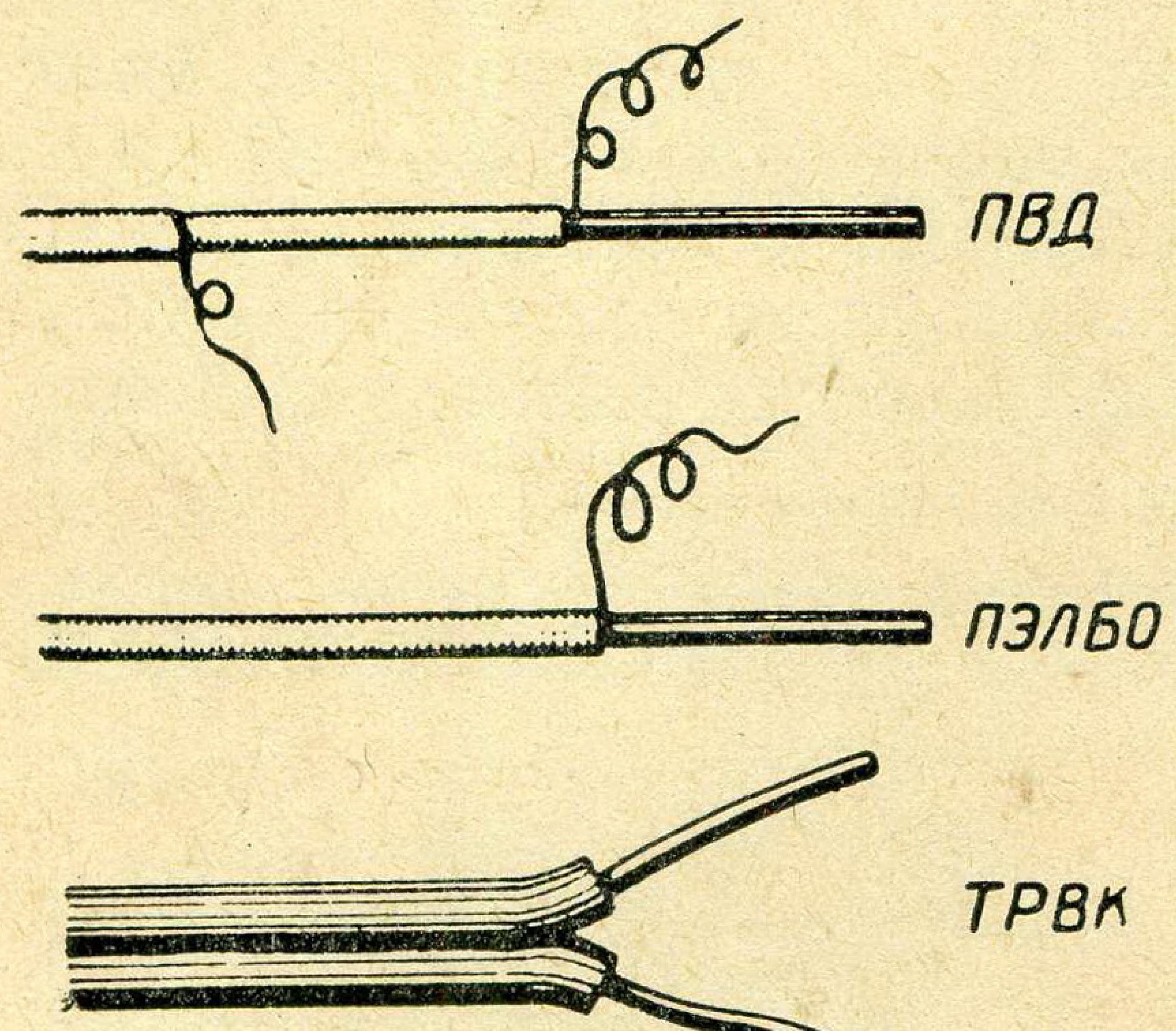
Рыс. 35. Званкі пераменнага току з трансфарматарам:
а — з перарывальнікам, *б* — без перарывальніка.

узнікае неабходнасць больш надзейна ізаляваць правады ад сцен. Між тым званковую праводку пракладваюць на цвіках, якія непасрэдна забіваюцца ў сценку. Пры такой пракладцы амаль немагчыма ізаляваць праводку ад будынка, а значыць, і ад зямлі[1].

[1] Часам на вытворчасці, дзе патрэбна адначасова гукавая і светавая сігналізацыя, такое ўключэнне ўжываюць па правілах праводкі асвятляльнай сеткі.

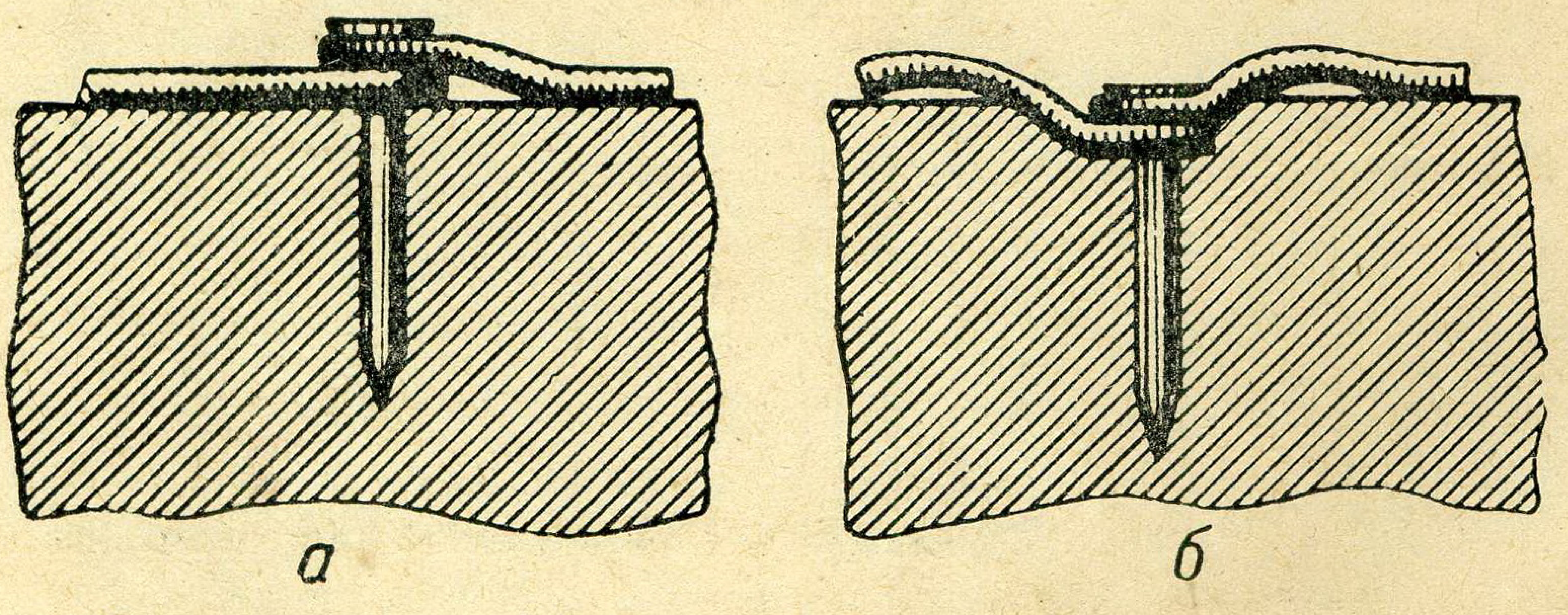
У званковых схемах з трансфарматарамі надзейна ізалююць толькі тыя правады, якімі пярвічная абмотка трансфарматара ўключаецца ў сетку. Для гэтага выкарыстоўваюць звычайны шнур, пракладваючы яго па ўсіх правілах, устаноўленых для шнуравой праводкі.

У ланцугу ўтарычнага току, у які ўключан званок і кнопка, дзейнічае нізкае напружанне, таму тут выкарыстоўваюць у асноўным медны провад маркі ПБД дыяметрам 0,5—0,8 *мм* (рыс. 36), пакрыты толькі двума слаямі ізаляцыі з баваўнянай пражы. Такі провад часам называюць «званковым». Можна таксама выкарыстаць і провад ПЭЛБО, які мае адзін слой лакавай і адзін слой баваўнянай ізаляцыі. Яшчэ лепш для званковай праводкі прымяніць тэлефонны кабель ТРВК або провад ВРГ, абедзве склееныя жылы якіх пакрыты слоем хлорвінілавай ізаляцыі чорнага, чырвонага, белага або іншых колераў.



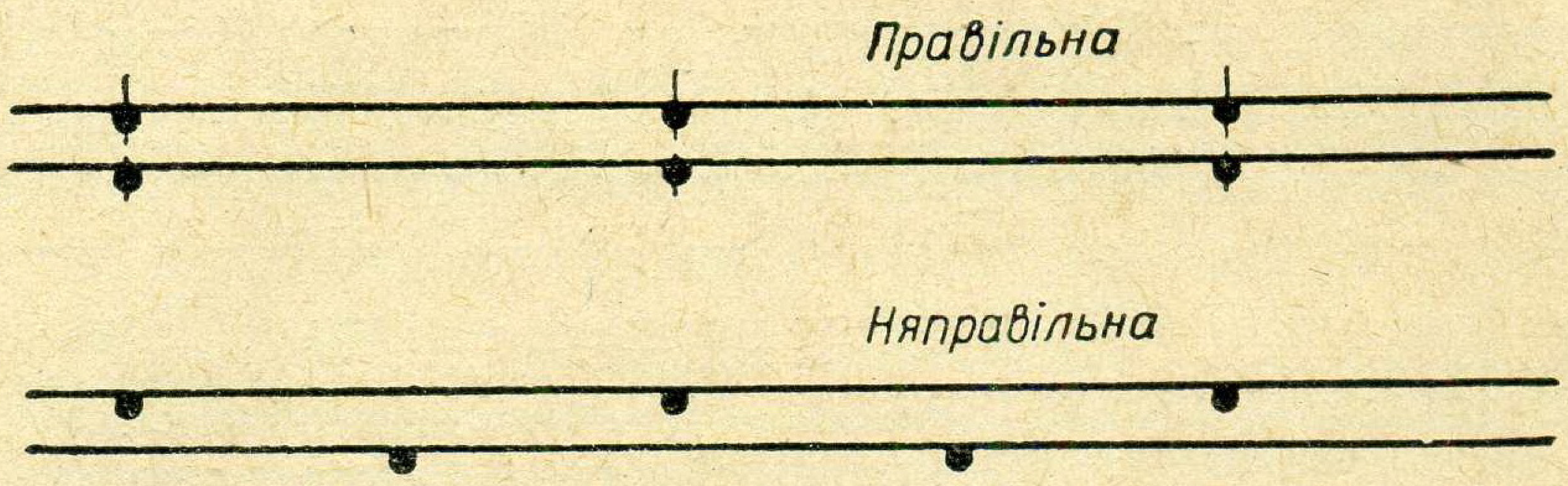
Рыс. 36. Правады для пракладвання званковай праводкі.

М а н т а ж з в а н к о в а й п р а в о д к і. Мантаж пачынаюць з разметкі, вызначыўшы месца ўстаноўкі званка і кнопкі. Абодва правады, якія злучаюць іх паміж сабой, пракладваюць паралельна на адлегласці 20—25 *мм* адзін ад другога.



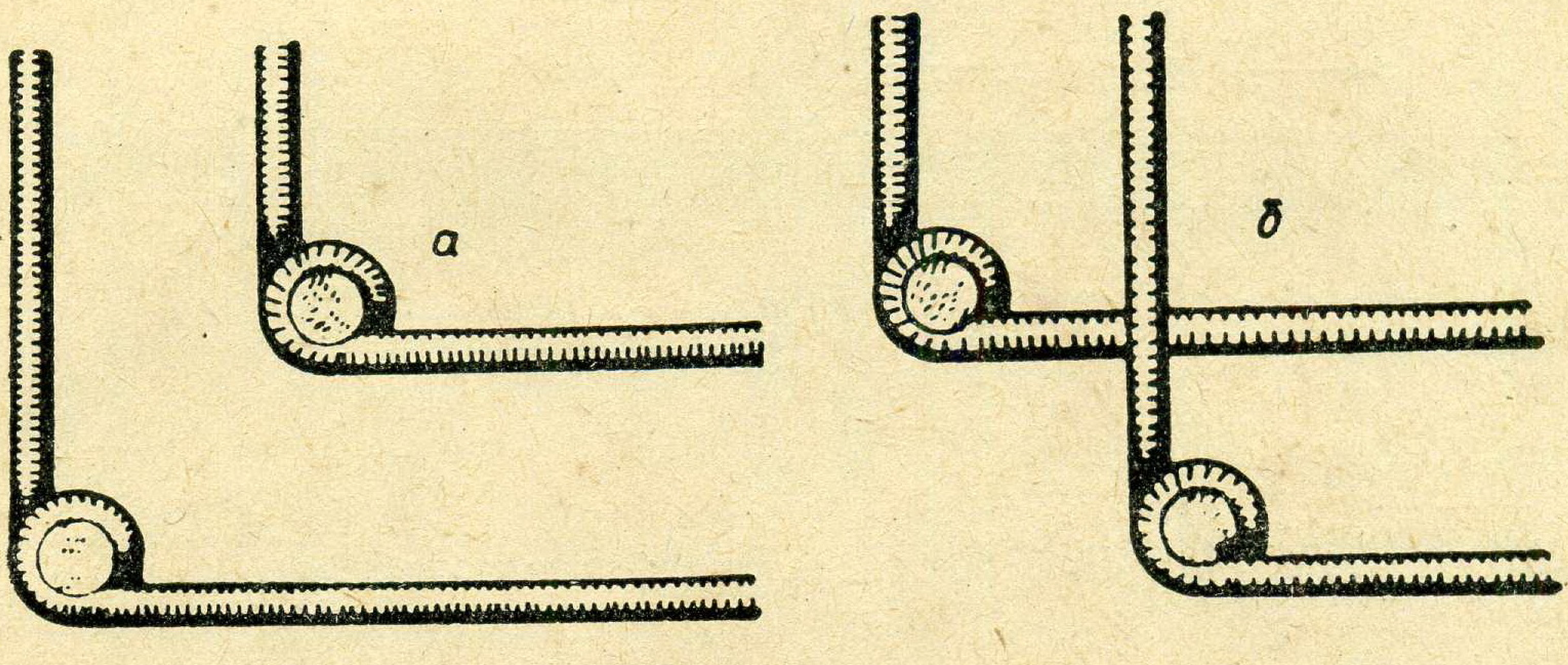
Рыс. 37. Правільнае *(а)* і няправільнае *(б)* забіванне цвікоў званковай праводкі.

Правады прымацоўваюць да сцяны звычайнымі цвікамі з шырокай паўкруглай галоўкай, забіваючы іх праз кожныя 40—60 *см*. Спачатку забіваюць цвічок прыкладна да палавіны, потым адзін раз абмотваюць вакол яго пракладваемы провад і забіваюць да канца. Апошнія ўдары малаткам па галоўцы цвічка трэба наносіць

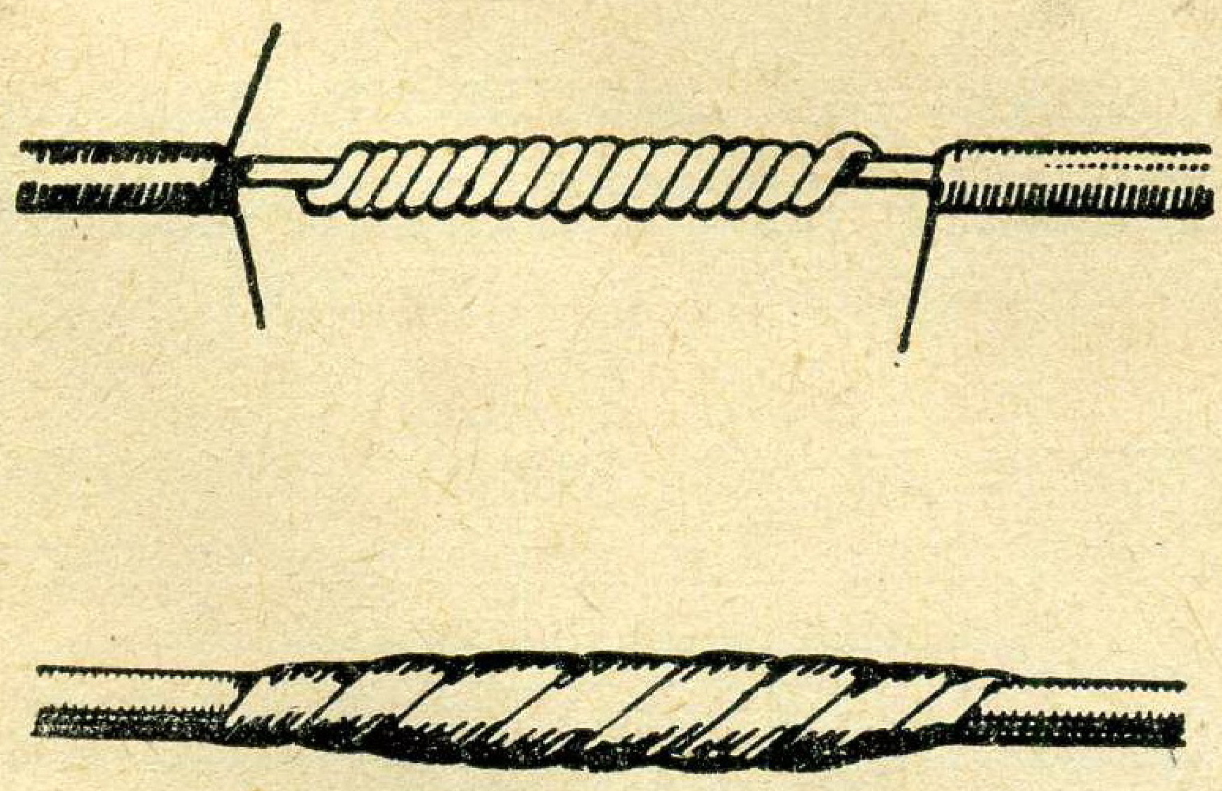


Рыс. 38. Размяшчэнне цвічкоў уздоўж лініі званковай праводкі.

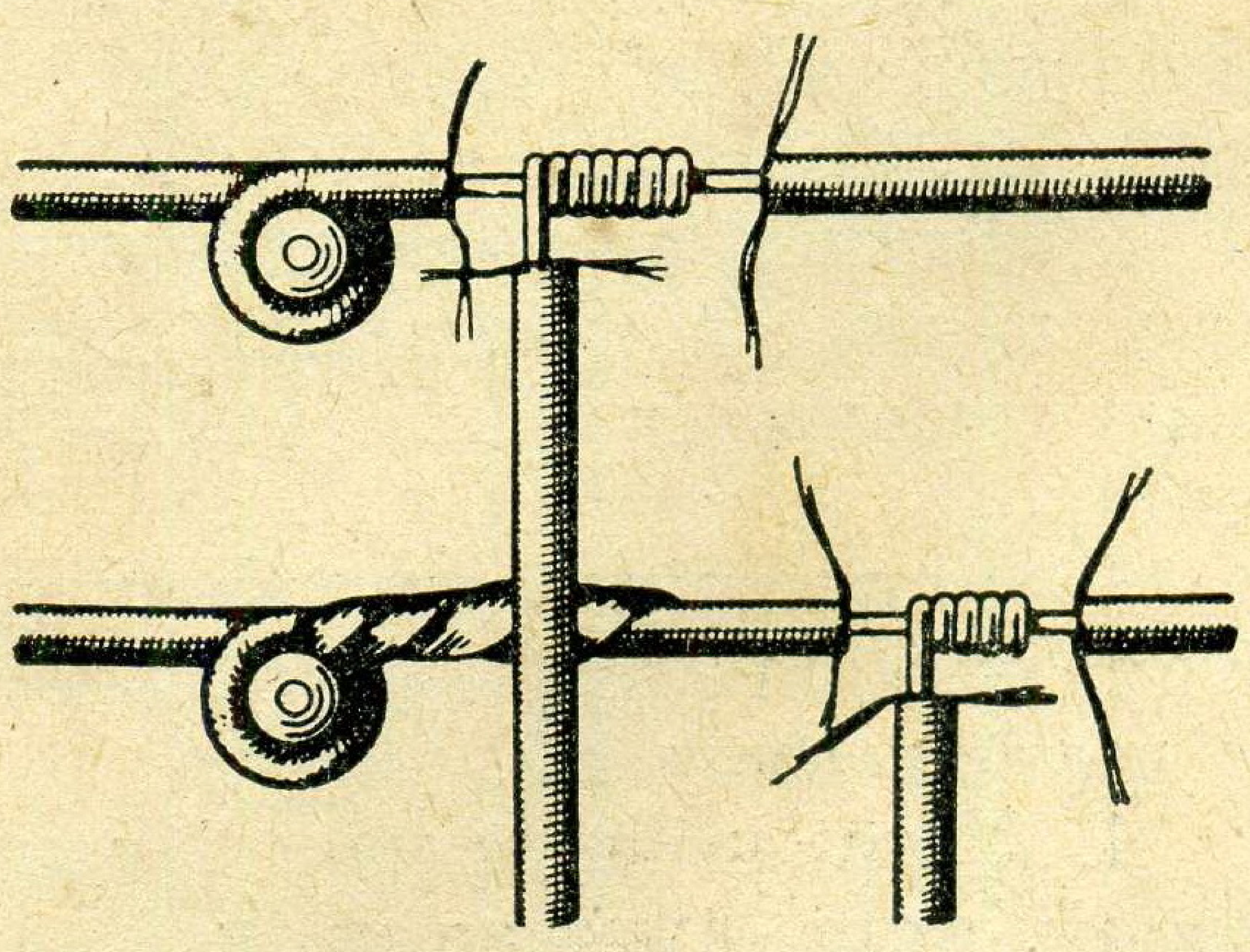
Рыс. 39. Правільнае *(а)* і няправільнае *(б)* замацаванне званковай праводкі пры павароце на 90°.



Рыс. 40. Правільны і няправільны паварот да званка пад прамым вуглом.



Рыс. 41. Зрошчванне ў званковай праводцы.

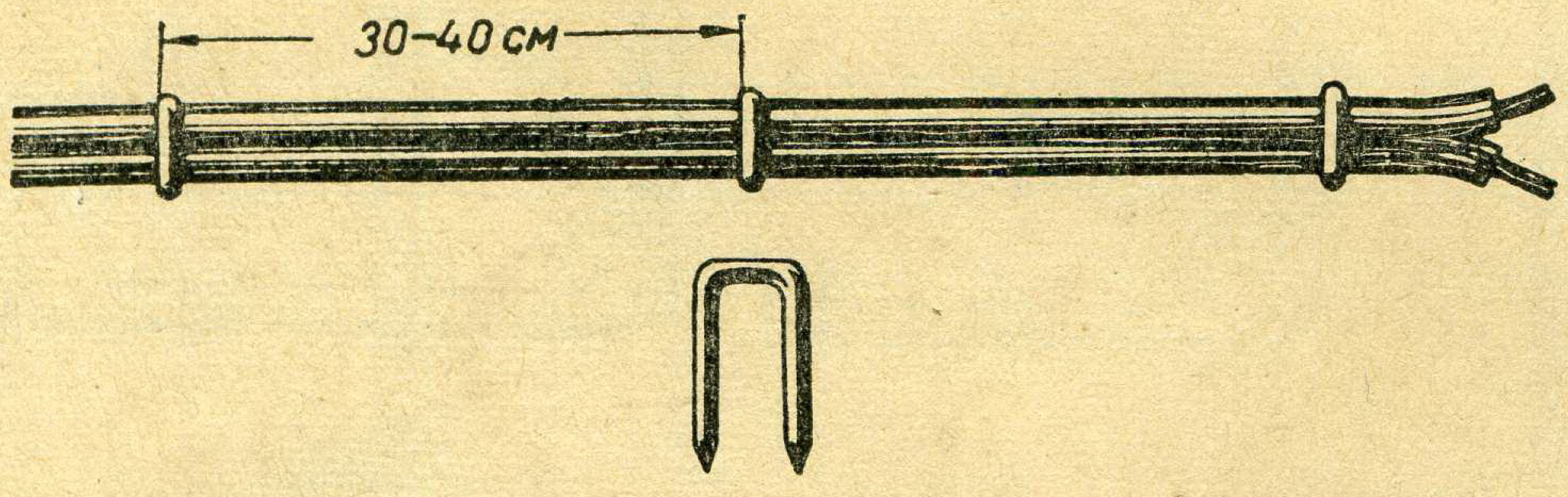


Рыс. 42. Адгалінаванні ў званковай праводцы.

вельмі асцярожна, каб не загнаць яе ў сценку (рыс. 37); гэтым можна пашкодзіць провад або яго ізаляцыю. Галоўка цвічка павінна толькі прыціскаць провад да паверхні сцяны. Каб надаць праводцы лепшы выгляд, цвічкі на абедзвюх паралельных лініях трэба забіваць побач, а не ў розных месцах (рыс. 38).

Пры павароце праводкі на 90° провад вакол цвічкоў абмотваюць так, каб ён быў са знадворнага боку цвіка (рыс. 39). Адначасова трэба сачыць за тым, каб паралельныя правады пры паваротах праводкі не перасякаліся адзін з другім (рыс. 40).

Кнопку ўстанаўліваюць на такой жа вышыні, як і выключальнік (1,4—1,7 *м* ад падлогі). Зрошчванне і адгалінаванні ў званковай праводцы робяць так, як паказана на рысунках 41 і 42. Агаленыя месцы спайваюць, а потым ізалююць адным слоем гумавай стужкі. Месцы зрошчванняў і адгалінаванняў павінны знаходзіцца ў непасрэднай блізкасці да цвічкоў, якімі і крэпяцца правады. Яшчэ лепш, калі цвічкі будуць забіты з абодвух бакоў адгалінаванняў і злучэнняў правадоў. Двухжыльны тэлефонны кабель ТРВК і провад ВРГ прымацоўваюць да сцяны скобкамі з завостранымі ножкамі, якія выраблююць са стальнога дроту дыяметрам 1—1,5 *мм*. Адлегласць паміж скобкамі ўздоўж лініі 30—40 *см* (рыс. 43).



Рыс. 43. Пракладка тэлефоннага кабеля.

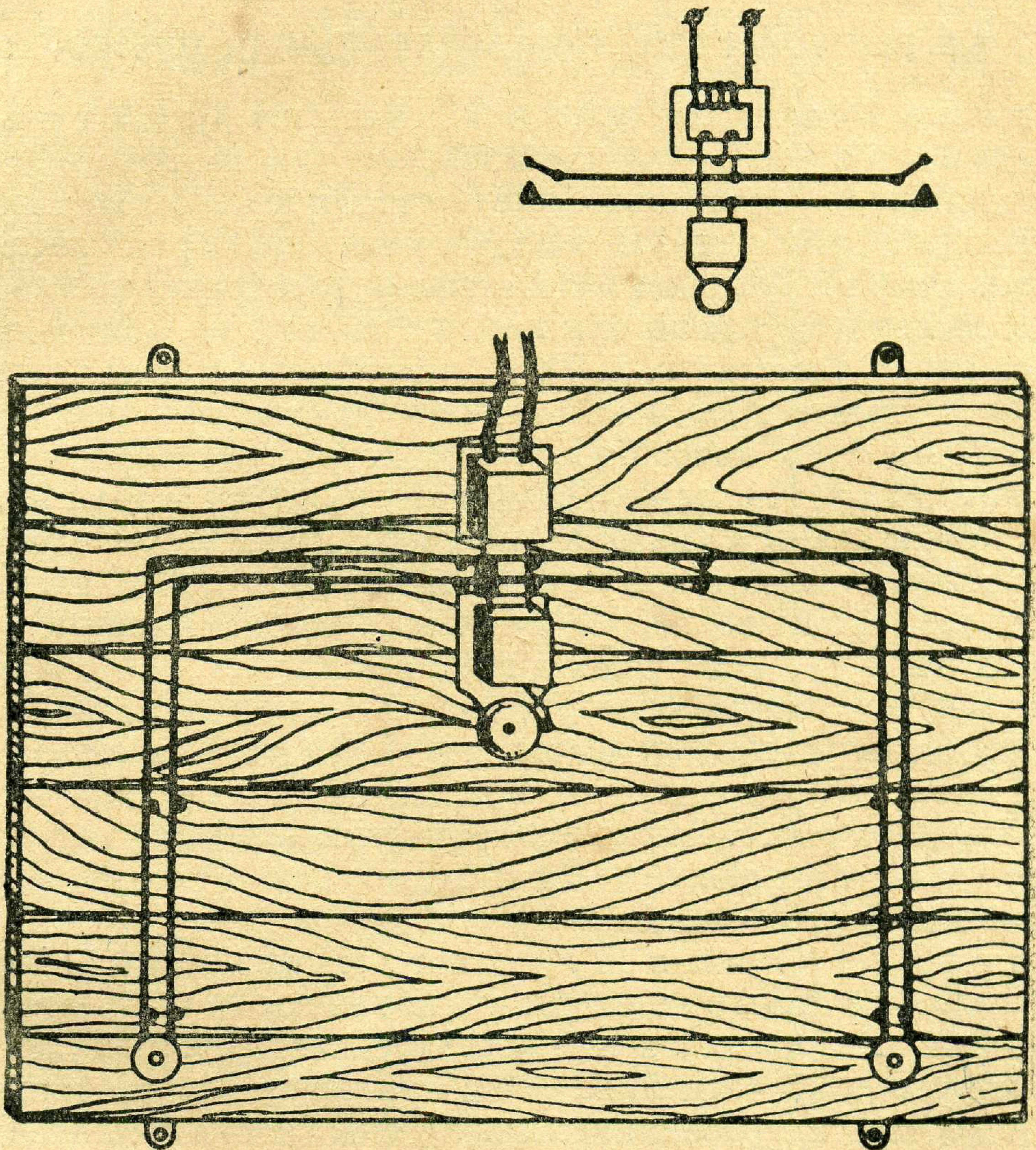
Выкананне работы

1. Нарысуйце схему ўключэння званка з двух месц пры дапамозе дзвюх кнопак. Жыўленне схемы — праз паніжаючы званковы трансфарматар (рыс. 44).
2. Размецьце лініі пракладвання правадоў схемы на драўляным шчыце, абазначыўшы месцы ўстаноўкі званка, трансфарматара і дзвюх кнопак. Арыенціровачна размецьце месцы забівання цвічкоў.
3. Устанавіце адну кнопку, далучыце да яе канцы правадоў і пракладзіце правады ад кнопкі да званка. Тое ж самае зрабіце з другой кнопкай.
4. Устанавіце званок і трансфарматар, далучыце канцы правадоў, якія ідуць ад кнопак, да зажымаў нізкавольтавай абмоткі трансфарматара і электрамагніта званка. Устанавіце засцерагаль-

нікі і праз іх уключыце ў сетку пярвічную абмотку трансфарматара.

5. Праверце работу кнопак, адрэгулюйце вінт перарывальніка так, каб званок гучаў моцна. Замацуйце рэгуліровачны вінт контргайкай. Калі канструкцыя званка не мае перарывальніка, то званок рэгулююць, падгінаючы стрыжань з малаточкам. Пры гэтым нельга выгінаць якарчык, які вагаецца паміж полюсамі электрамагніта, таму што ад гэтага ваганні яго могуць аслабнуць і званок перастане дзейнічаць.

Разбярыце змантіраваную схему, выцягніце забітыя цвічкі, выраўняйце дрот і навядзіце парадак на рабочым месцы.



Рыс. 44. Шчыт са званковай праводкай.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Схема змантіраванай праводкі.
3. Спіс выкарыстаных прыбораў і матэрыялаў, іх тып, марка і кароткая тэхнічная характарыстыка.

Кантрольныя пытанні

1. Чым адрозніваецца званковая праводка ад асвятляльнай?
2. На якое напружанне разлічана званковая праводка?
3. Якія правады выкарыстоўваюць для гэтай праводкі?
4. Як працуе электрычны званок з перарывальнікам і без перарывальніка?
5. Для чаго ў схему жыўлення званка ўключаюць трансфарматар? Як ён працуе?
6. Ці спажывае электрычную энергію схема жыўлення званка з трансфарматарам у той час, калі кнопку не націскаюць?

§ 8. БЫТАВЫЯ ЭЛЕКТРАНАГРАВАЛЬНЫЯ ПРЫБОРЫ

Прызначэнне бытавых электранагравальных прыбораў. Электрычная энергія выкарыстоўваецца ў быту не толькі для асвятлення, але і для многіх іншых мэт. Найбольш распаўсюджанымі бытавымі электрычнымі прыборамі пасля асвятляльных лямп з'яўляюцца разнастайныя электранагравальнікі. Адны з іх выкарыстоўваюць для прыгатавання ежы, кіпячэння вады, хуткага разагравання і г. д. Гэта электрычныя пліткі і кіпяцільнікі. Пры дапамозе другіх награваюць паветра памяшканняў, падтрымліваючы ў іх патрэбную тэмпературу. Гэта электрычныя печы — каміны і рэфлектары. Да трэцяй групы адносяцца награвальныя прыборы спецыяльнага прызначэння, напрыклад электрычныя медыцынскія грэлкі, электрычныя паяльнікі, прасы, электрычныя ручнікі для сушкі валасоў і рук пасля мыцця і іншыя прыборы.

Будова электранагравальных прыбораў. Кожны электранагравальны прыбор складаецца з награвальнага элемента, цеплаўстойлівай асновы, на якой гэты элемент замацоўваецца, і вывадных кантактаў, пры дапамозе якіх прыбор уключаецца ў электрычную сетку. Акрамя таго, частка прыбораў мае спецыяльныя прылады, пры дапамозе якіх цяпло, што ўтвараецца ў іх, накіроўваецца ў жадаемы бок.

Награвальныя элементы часцей за ўсё вырабляюць у выглядзе дротавых спіраляў або палос са спецыяльных праваднікоўых матэрыялаў з вялікім удзельным супраціўленнем. Гэтымі матэрыяламі часцей за ўсё з'яўляюцца сплавы розных металаў. Асноўнае патрабаванне, якому яны павінны адпавядаць,— гэта стойкасць супраць акіслення пры награванні іх да вельмі высокіх тэмператур, а значыць, і забеспячэнне працяглай работы. Гэтаму патрабаванню лепш за ўсё адпавядаюць наступныя сплавы.

Ніхром — сплаў, які складаецца з 80% нікелю і 20% хрому з удзельным электрычным супраціўленнем $\rho = 1{,}1 \frac{ом \cdot мм^2}{м}$.

Фехраль — сплаў, які складаецца з 80% жалеза, 15% хрому і 5% алюмінію, з удзельным супраціўленнем $\rho = 1{,}25 \frac{ом \cdot мм^2}{м}$.

Нікелін — сплаў 67% медзі, 32% нікелю і 1% марганцу, з удзельным супраціўленнем $\rho = 0{,}40—0{,}44 \frac{ом \cdot мм^2}{м}$.

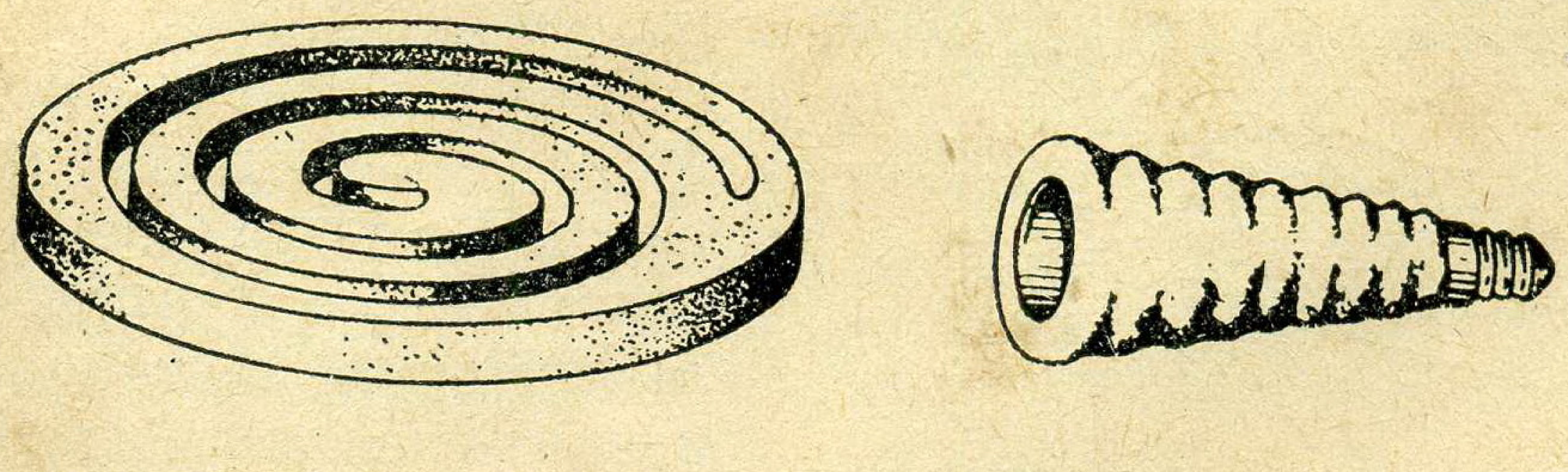
Награвальныя элементы, выраблены з гэтых сплаваў, вытрымліваюць тэмпературу нагрэву каля 1000°. Аднак кожны з іх пры такой тэмпературы пачынае акісляцца і хутка выходзіць са строю. Практыкай даказана, што электранагравальныя прыборы больш за ўсё працуюць у тым выпадку, калі максімальная рабочая тэмпература для ніхромавых награвальных элементаў не перавышае 850—900°, для фехралевых — 750°, а для нікелінавых — толькі 200°.

Калі ніхром і фехраль можна выкарыстаць для прыбораў, награвальныя элементы якіх адкрыты і напальваюцца да высокіх тэмператур, то нікелін для гэтай мэты не прыгодны, таму што на паветры ён вельмі хутка акісляецца. З нікеліну выраблякоць толькі награвальныя элементы кіпяцільнікаў, якія пры рабоце апускаюць у ваду. Адносна вялікая цеплаёмкасць вады забяспечвае інтэнсіўны адвод цяпла ад награвальніка кіпяцільніка, з прычыны чаго ён не награваецца больш, чым да 200°, а таму і не акісляецца. Акрамя таго, вада спыняе доступ кіслароду паветра да награвальнага элемента.

Для таго каб зрабіць награвальны элемент, напрыклад электрычнай пліткі, паяльніка, бяруць кусок ніхромавага або фехралевага дроту такой даўжыні, каб супраціўленне яго забяспечвала праходжанне дапушчальнай для дадзенага сячэння дроту велічыні току. Паколькі даўжыня такога дроту дасягае звычайна некалькіх метраў, то для зручнасці замацавання яго змотваюць у спіраль.

Практыкай устаноўлена, што максімальна дапушчальная шчыльнасць току для адкрытых ніхромавых награвальных элементаў у сярэднім раўняецца $15 \frac{a}{мм^2}$, для закрытых (змешчаных у металічныя трубкі або керамічныя пласцінкі) — $10 \frac{a}{мм^2}$; для ніхромавых кіпяцільнікаў, апускаемых у ваду, — $30 \frac{a}{мм^2}$.

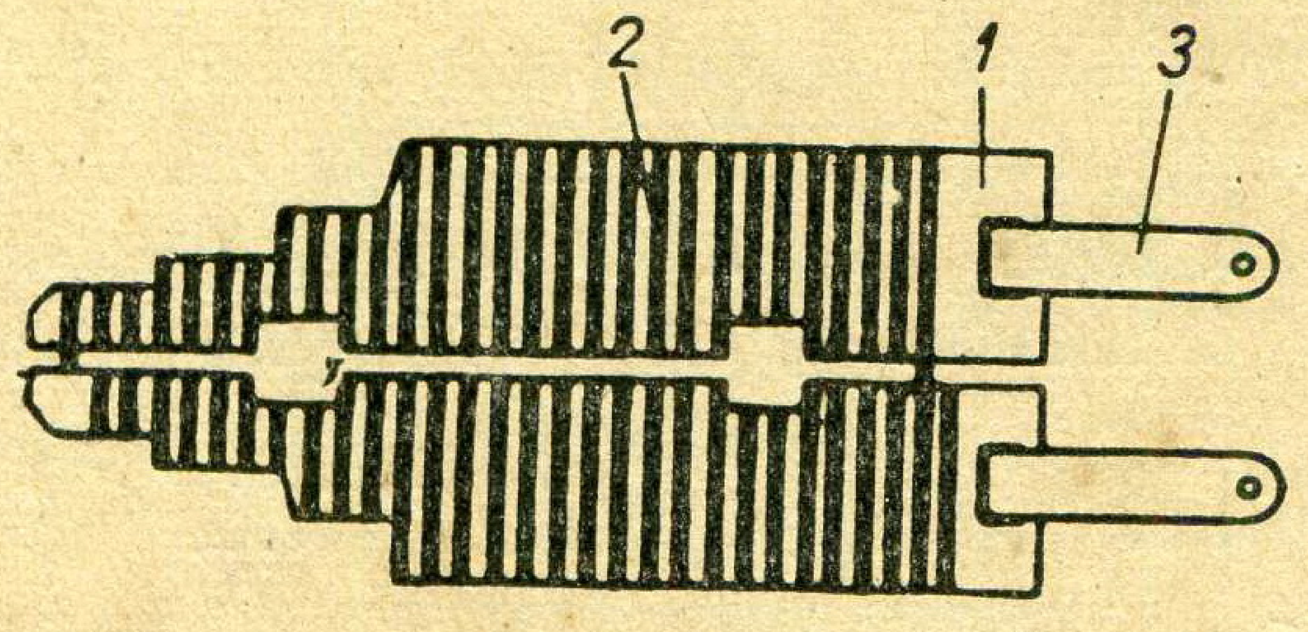
Цеплаўстойлівыя асновы награвальных прыбораў выраблякоць з гарачатрывалых ізалюючых матэрыялаў. Да іх адносіцца шамот, які атрымліваюць з вогнетрывалых сартоў гліны



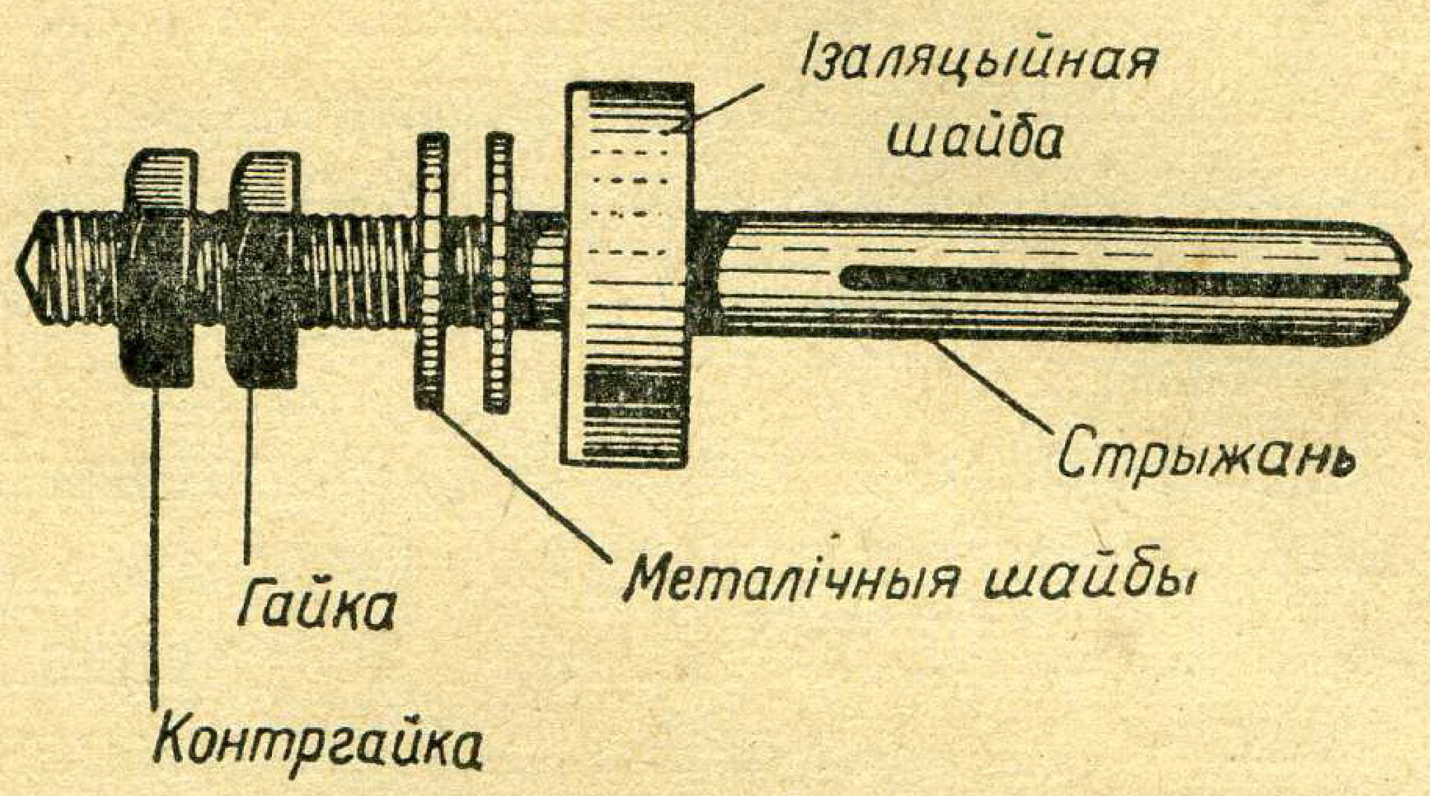
Рыс. 45. Цеплаізаляцыйныя асновы награвальных прыбораў з шамоту.

шляхам абпальвання яе. Шамот добра вытрымлівае рэзкія ваганні тэмпературы і мае высокія электраізаляцыйныя якасці. З шамоту вырабляюць керамічныя асновы (кераміку) для электраплітак, конусы для рэфлектараў, стрыжні для электрычных камінаў і інш. (рыс. 45).

Акрамя шамоту, пры вырабе цепластойкіх асноў выкарыстоўваюць яшчэ і асбест — гарачатрывалы ізаляцыйны матэрыял валакністай будовы, а таксама — слюду і міканіт. Слюда — гэта слаісты мінерал прыроднага паходжання, які вытрымлівае тэмпературу нагрэву да 600°. Асбест і слюду выкарыстоўваюць у электрапаяльніках. Склейваючы тонкія лісткі слюды вадкім шклом або борнай кіслатой, атрымліваюць тоўстыя (звыш 1 *мм*) пласцінкі міканіту. Часцей за ўсё на міканітавых пласцінках замацоўваюць награвальныя элементы для электрычных прасаў, чайнікаў; награвальныя элементы іх выраблены з стужкавага ніхрому (рыс. 46).

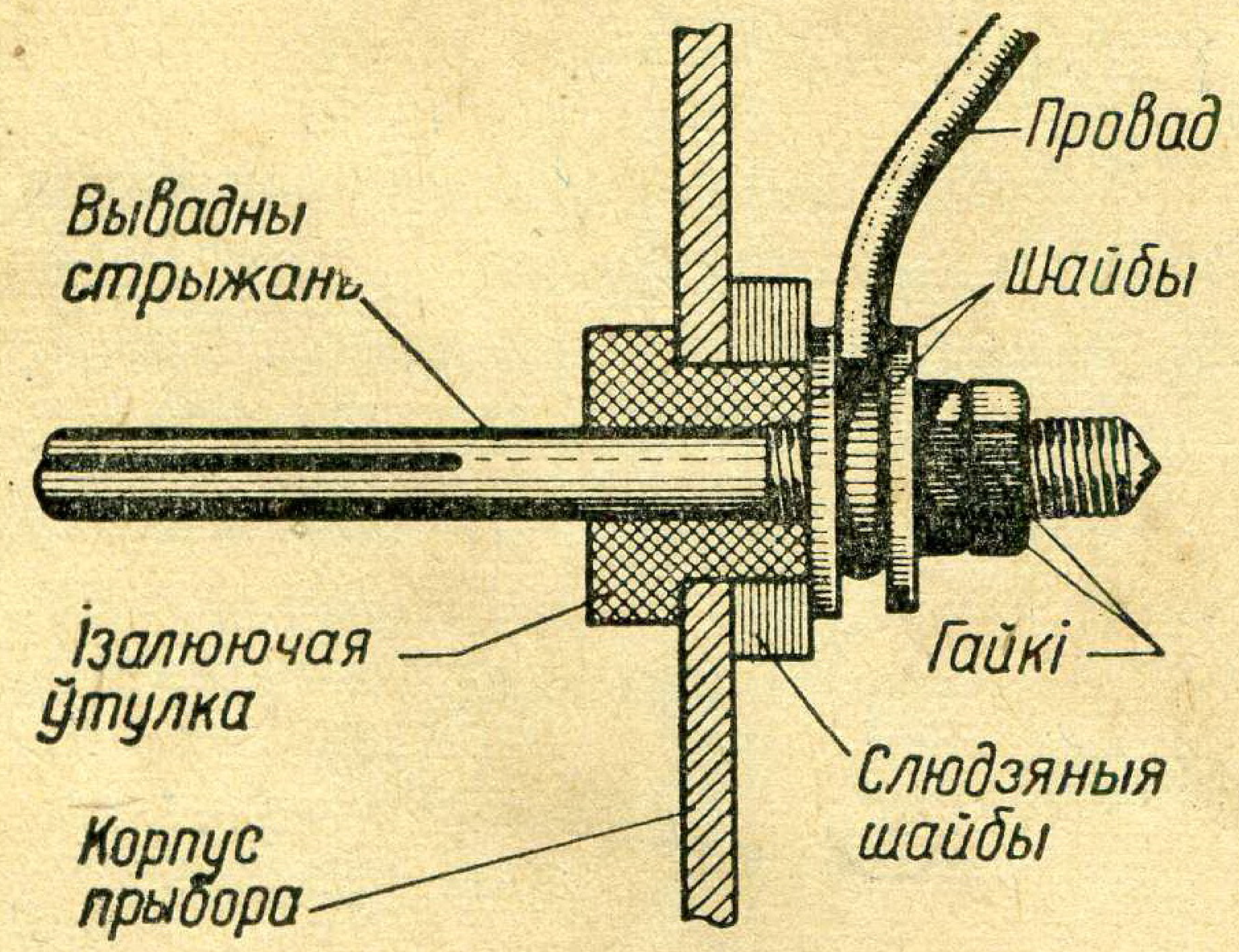


Рыс. 46. Награвальныя элементы на міканітавай аснове:
1 — аснова з міканіту, *2* — награвальная спіраль з стужкавага ніхрому, *3* — кантактавыя зажымы элемента.



Рыс. 47. Выводныя кантакты прыбора.

В ы в а д н ы я к а н т а к т ы п р ы б о р а ў. Канцы дроту награвальніка, сагнутыя ў выглядзе пяцелек, устанаўліваюць паміж шайбамі і заціскаюць дзвюма гайкамі на выводных кантактах прыбораў (рыс. 47). Гэтыя кантакты часцей за ўсё вырабляюць з латуні. Пры ўстаноўцы кантактаў у адтулінах металічнага корпуса прыбора трэба звяртаць асаблівую ўвагу на надзейнасць ізаляцыі кантакта ад корпуса. Калі кантакты ізаляваны дрэнна, то адзін з іх можа злучыцца з корпусам і ўвесь прыбор будзе знаходзіцца пад напружаннем. Датыкацца да корпуса такога прыбора небяспечна. Калі ж і другі кантакт з прычыны дрэннай ізаляцыі таксама злучыцца з корпусам — кароткае замыканне непазбежна.

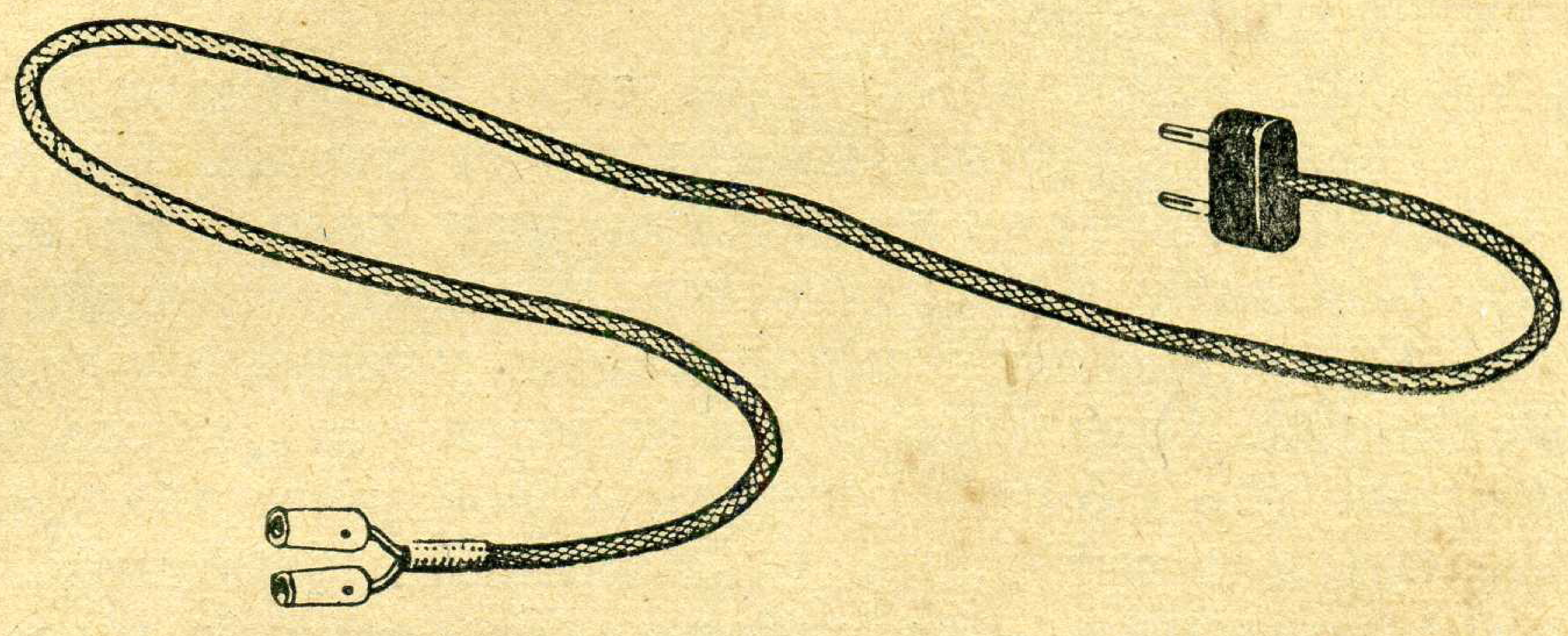


Рыс. 48. Ізаляванне выводных кантактаў ад металічнага корпуса электрапрыбора.

Для ізалявання вывадных кантактаў ад корпуса прыбора выкарыстоўваюць фарфоравыя, міканітавыя або выраблены з другога ізаляцыйнага матэрыялу ўтулкі, пракладкі або шайбы (рыс. 48).

Вывадныя кантакты прыбораў вырабляюць у выглядзе суцэльных або разрэзаных удоўж латунных стрыжняў, на якія надзяваюцца фарфоравыя кантактавыя гільзы. У сярэдзіне гільзаў ёсць спружынячыя латунныя гнёзды, злучаныя з канцамі токавядучых жыл злучальнага шнура (рыс. 49).

Стрыжні прыбора туга заходзяць у латунныя гнёзды фарфоравых гільзаў. Іх пругкасць забяспечвае надзейны кантакт паміж злучальным шнурам і награвальным элементам прыбора.



Рыс. 49. Злучальны шнур.

§ 9. ПРАКТЫЧНЫЯ РАБОТЫ З БЫТАВЫМІ ЭЛЕКТРАНАГРАВАЛЬНЫМІ ПРЫБОРАМІ

Работа 5. Рамонт электрычнага паяльніка

Мэта работы. Вывучыць будову і дзеянне электрычнага паяльніка. Набыць практычныя навыкі па яго разборцы, зборцы і рамонту.

Прыборы, матэрыялы і інструменты: 1) электрычны паяльнік (сапсаваны), 2) ніхромавы дрот (гл. табл.) — 3,5 *м*, 3) лісткі слюды, 4) асбеставы шнур, 5) штэпсельныя вілачкі, 6) пласкагубцы, круглагубцы і кусачкі, 7) малаток малы, 8) манцёрскі нож, 9) ізаляцыйная стужка.

Тэарэтычныя звесткі

Пры правядзенні розных электрамантажных, радыётэхнічных і іншых работ вельмі часта ўзнікае неабходнасць у спайванні правадоў, металічных дэталей, месц злучэнняў і адгалінаванняў правадкі. Для гэтых работ лепш за ўсё карыстацца электрычным паяльнікам.

Наша электратэхнічная прамысловасць выпускае некалькі тыпаў электрычных паяльнікаў. Больш за ўсё распаўсюджаны

электрычныя паяльнікі невялікай магутнасці — 50, 80 і 120 *вт* на розныя напружанні.

Будова паяльнікаў. Рабочай часткай меднага стрыжня паяльнікаў (рыс. 50) з'яўляецца яго адточаны канец — вастрыё. Асноўнай дэталлю паяльніка, на якой крэпяцца ўсе астатнія яго часткі, з'яўляецца металічная трубка (з жалеза), знадворны дыяметр якой 8—10 або 12 *мм*. Ва ўнутраную адтуліну трубкі з аднаго яе канца ўстаўляюць рабочы стрыжань паяльніка, выраблены з чырвонай медзі; у адных паяльнікаў ён прамы, у другіх — загнуты ў выглядзе літары «Г». У залежнасці ад таго, дзе знаходзіцца месца пайкі, карыстаюцца паяльнікам з прамым або загнутым стрыжнем. Каля таго канца трубкі, дзе замацаван медны стрыжань, устанаўліваюць награвальны элемент паяльніка з ніхромавага дроту, наматанага двума слаямі.

Перад тым як намотваць першы слой награвальнай спіралі, стрыжань ізалююць, абмотваючы яго слоем слюды. Пасля гэтага пачынаюць намотваць спіраль, адступіўшы крыху ад адтулін у трубцы, праз якія да награвальнай спіралі падводзяцца два правады ад шнура паяльніка. Намотку спіралі вядуць у напрамку да рабочага стрыжня паяльніка. Пры гэтым віток ад вітка ўкладваюць на адлегласць прыблізна 1,0—1,5 *мм*. Потым гэты слой дроту таксама ізалююць дзвюма пласцінкамі слюды і працягваюць намотваць спіраль у адваротным напрамку — ад рабочага стрыжня да ручкі паяльніка. Другі слой дроту таксама абмотваюць зверху некалькімі пласцінкамі слюды.

Улічваючы, што слюда дрэнна праводзіць цяпло, ніжні слой яе (на трубцы) робяць тонкім, а верхні, які закрывае наматаную спіраль,— тоўстым: цяпло, якое будзе выдзяляцца ў спіралі, будзе ад гэтага накіроўвацца да стрыжня, а не ў акружаючае асяроддзе.

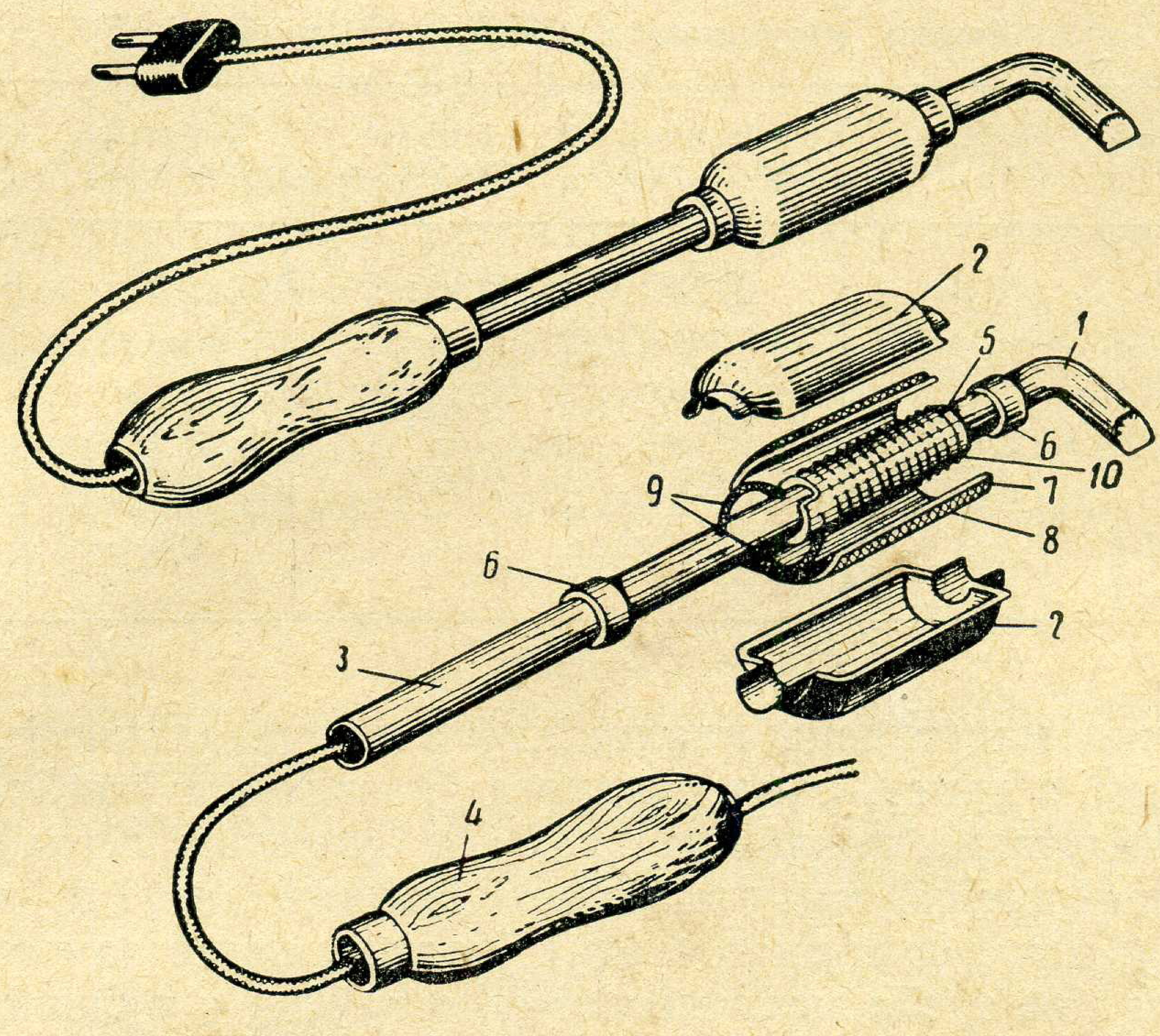
Акрамя таго, намотку зверху пакрываюць яшчэ двума-трыма слаямі шнуравога асбесту, таму што ён таксама дрэнна праводзіць цяпло.

Канцы наматанага дроту надзейна далучаюць да двух тоўстых ніхромавых або медных праваднічкоў (сячэннем 0,7—1 *мм*), ізаляваных зверху шнуравым асбестам. Гэтыя вывадныя праваднічкі заходзяць ва ўнутр трубкі і ідуць да таго яе канца, на які надзета драўляная ручка. Унутры трубкі, пад ручкай, праваднічкі злучаюцца з канцамі злучальнага шнура, выходзячага з адтуліны трубкі.

Награвальны элемент паяльніка паверх асбесту закрываецца кожухам: абедзве яго накрыўкі выштампаваны з кровельнага жалеза або бляхі. Іх прымацоўваюць з абодвух канцоў да трубкі двума кольцамі, якія надзяваюць на канцы накрывак кожуха.

Калі ўключаны паяльнік не грэецца, значыць, у ім ёсць пашкоджанне. Часцей за ўсё паяльнік псуецца ад празмернага перагравання, калі яго на працяглы час пакідаюць уключаным і не карыстаюцца ім. Пры гэтым цяпло, якое выдзяляецца, амаль не забіраецца ад паяльніка. Ад перагравання перагараюць канцы ніхромавай спіралі ў месцах злучэння іх з выводнымі праваднічкамі або, што

яшчэ горш, дзе-небудзь перагарае спіраль. Часам паяльнік не працуе з прычыны пашкоджання злучальнага шнура. Таму, пачынаючы рамонт паяльніка, трэба перш за ўсё пераканацца ў спраўнасці



Рыс. 50. Электрычны паяльнік і яго дэталі:
1 — рабочы стрыжань, *2* — накрыўка кожуха, *3* — металічная трубка, *4* — ручка, *5* — першы слой слюды, *6* — кольца для замацавання кожуха, *7* — другі слой слюды, *8* — слой шнуравога асбесту, *9* — канцы злучальнага шнура, пакрытага асбестам, *10* — ніхромавая спіраль.

шнура, праверыць, ці не абарваны яго токавядучыя жылы, а таксама праверыць якасць далучэння яго канцоў да штэпсельных вілачак.

Разборка паяльніка. Знімаюць з канцоў накрывак кожуха металічныя кольцы, раскрываюць абедзве палавінкі кожуха і асцярожна змотваюць верхні асбеставы і слюдзяны слой ізаляцыі. З найбольшай асцярожнасцю трэба знімаць слюду, таму што яна вельмі крохкая і лёгка ламаецца. Пасля гэтага правяраюць, наколькі надзейна далучаны канцы дроту награвальнага элемента да вывадных праваднічкоў, а таксама пераконваюцца ў цэласці верхняга слоя абмоткі. Калі ў якім-небудзь месцы гэтага слоя перагарэў ніхромавы дрот, у гэтым месцы змотваюць адзін віток, моцна скручваюць пласкагубцамі канцы перагарэўшага дроту, лішнія канцы адразаюць і зноў збіраюць паяльнік. Калі перагарэўшае месца знаходзіцца ў ніжнім слоі абмоткі, тады адзін канец награвальнага дроту і вывадны праваднічок раз'ядноўваюць і змотваюць дрот на драўляную палачку, адкрываючы гэтым ніжні слой абмоткі. Устараніўшы пашкоджанне, зноў намотваюць верхні слой і збіраюць паяльнік.

Калі неабходна зрабіць поўную замену награвальнага элемента паяльніка, размеры дроту для яго (даўжыню і дыяметр) выбіраюць у залежнасці ад напружання сеткі па даных табліцы.

Выбар ніхромавага дроту для паяльнікаў

Напружанне сеткі *(в)*	Велічыня току *(а)*	Дыяметр дроту *(мм)*	Сячэнне дроту *(мм)*^{2}	Даўжыня дроту *(м)*	Супраціўленне дроту *(ом)*
220	0,36	0,098	0,00509	2,7	610
110	0,73	0,15	0,0177	2,0	150
24	3,3	0,5	0,196	1,25	7,3
12	6,7	0,85	0,567	0,9	1,8
6	13,3	1,4	1,54	0,6	0,48

Сярэдняя магутнасць паяльнікаў з награвальнымі спіралямі, вырабленымі з дроту, размеры якога ўказваюцца ў табліцы, 80 *вт*.

Нізкавольтавыя паяльнікі на 12 або 6 *в* вельмі лёгка зрабіць самому: яны не патрабуюць узмоцненай ізаляцыі, ды і даўжыня дроту ў іх такая, што лёгка змяшчаецца ў адным радзе намоткі. Для такога паяльніка трэба мець металічную трубку з ручкай на канцы, медны завостраны стрыжань і адпаведны кусок ніхромавага дроту. Пакрыўшы стрыжань тонкім слоем ізаляцыі, намотваюць на яго дрот, канцы якога падключаюць да куска шнура з штэпсельнымі вілачкамі. Жыўленне такога паяльніка робяць ад паніжаючага трансфарматара або праз рэастат, уключаны ў асвятляльную сетку.

Выкананне работы

1. Азнаёмцеся са знешняй будовай электрычнага паяльніка. Вызначце яго магутнасць і рабочае напружанне па надпісах, якія ёсць на ручцы або на накрыўцы яго кожуха. Калі вастрыё паяльніка забрудзілася або затупілася, зачысціце яго спачатку напільнікам, а затым наждачнай скуркай.

Праверце правільнасць запраўкі канцоў шнура ў штэпсельныя вілачкі і ў выпадку неабходнасці адрэжце дрэнна запраўленыя канцы і зноў далучыце шнур да штэпселяў вілачак.

2. Разбярыце паяльнік, асцярожна зматайце яго награвальны праваднік, знайдзіце пашкоджанне і ўстараніце яго.

3. Збярыце паяльнік і праверце яго работу, уключыўшы вілачкі злучальнага шнура ў асвятляльную сетку. Выканайце некалькі паек пры дапамозе адрамантаванага паяльніка.

Калі спіраль паяльніка не пашкоджана пасля зняцця накрывак і азнаямлення з унутранай будовай, збярыце яго, не перамотваючы, устараніўшы кантактавую няспраўнасць. У гэтым выпадку на працягу застаўшагася часу можна вырабіць спрошчаны нізкавольтавы

паяльнік або электравыпальвальнік, падабраўшы для іх адпаведны ніхромавы дрот і выкарыстаўшы корпус старога паяльніка. Зробленым паяльнікам таксама выконваюць некалькі паек; электравыпальвальнік правяраюць у рабоце.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Парадак правядзення рамонту паяльніка (указаць характар пашкоджання і спосаб яго ўстаранення).
3. Вылічэнне велічыні току, спажываемага паяльнікам, зыходзячы з указаных на ім магутнасці і напружання.
4. Спрошчаны рысунак будовы паяльніка, назва і прызначэнне кожнай яго дэталі; матэрыял, з якога ён вырабляецца.

Кантрольныя пытанні

1. Якія матэрыялы выкарыстоўваюць для вырабу дэталей электрычнага паяльніка?
2. Чаму рабочы стрыжань паяльніка робяць з чырвонай медзі?
3. У якіх месцах часцей за ўсё ўзнікаюць пашкоджанні электрычных паяльнікаў?
4. Чаму ніжні слой слюдзяной ізаляцыі паяльніка робяць тонкім, а верхні тоўстым?
5. Чаму нельга выраблядь награвальную спіраль паяльніка з нікеліну?
6. Чаму суседнія віткі награвальнага элемента паяльніка нельга намотваць шчыльна адзін да другога, а трэба пакідаць паміж імі прасветы?

Работа 6. **Азнаямленне з будовай электранагравальнага прыбора**

Мэта работы. Вывучыць канструкцыю і дзеянне бытавога электранагравальнага прыбора. Набыць практычныя навыкі па яго разборцы, вызначэнню пашкоджанняў, зборцы і праверцы работы.

Прыборы, матэрыялы і інструменты: 1) электранагравальны прыбор[1] (прас, плітка, чайнік), 2) новы награвальны элемент для праса або чайніка, або новая спіраль для пліткі (для замены ў выпадку неабходнасці, 3) новыя вывадныя кантакты прыбора (для замены ў выпадку неабходнасці), 4) электрычны шнур (для замены старога, калі ў гэтым будзе патрэба) —1,5 *м*, 5) штэпсельныя вілачкі, 6) дапаможныя ізаляцыйныя матэрыялы: міканіт,

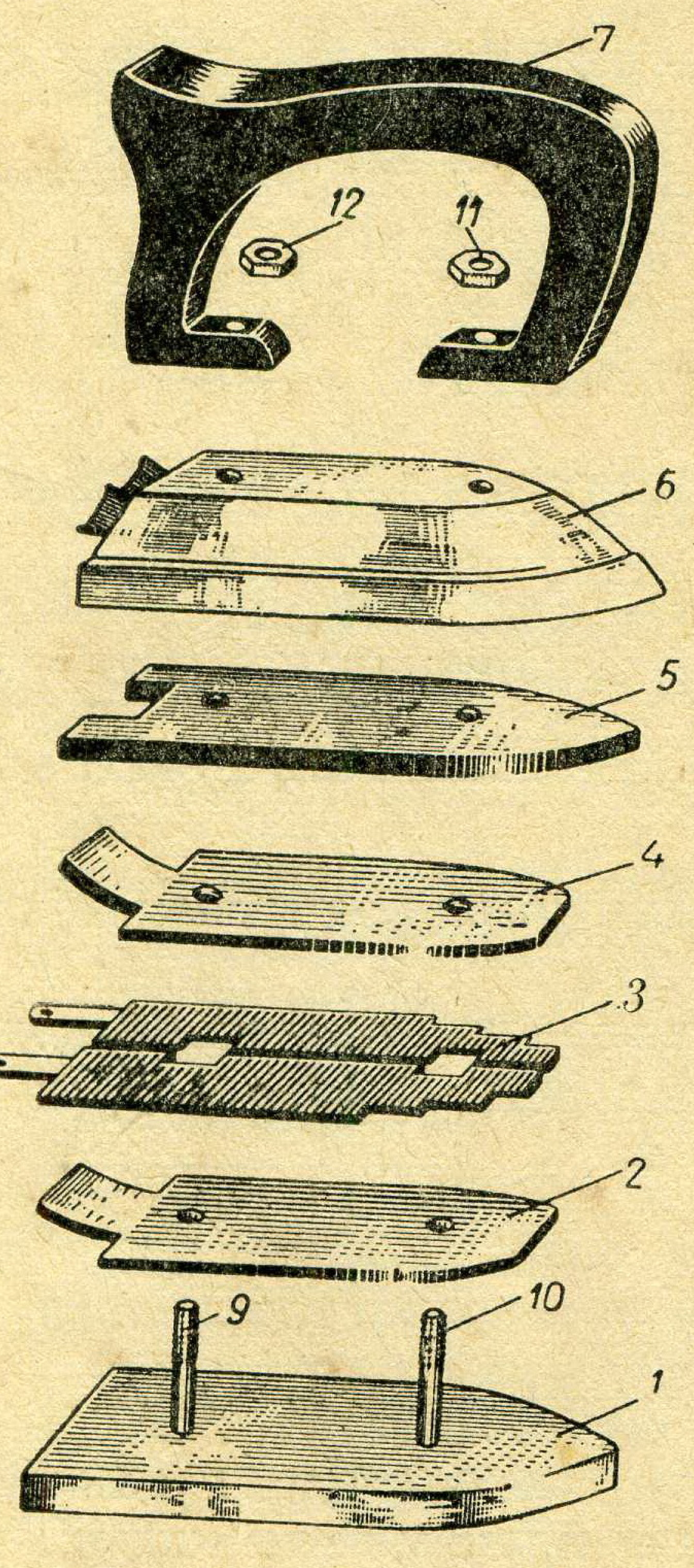
---

[1] Работ такога тыпу можа быць некалькі з рознымі электранагравальнымі прыборамі.

асбест і інш., 7) пласкагубцы, круглагубцы і кусачкі, 8) манцёрскі нож, 9) кантрольная лямпа (гл. рыс. 54), 10) ізаляцыйная стужка.

Тэарэтычныя звесткі

Электрычны прас і чайнік падобны па сваёй будове. Прас (рыс. 51) складаецца: з тоўстай чыгуннай падэшвы *1*; награвальнага элемента *3*; дзвюх міканітавых пракладак *2* і *4* для ізаляцыі праваднікоў элемента ад металічных дэталей праса; тоўстай чыгуннай пласцінкі *5*, якой награвальны элемент прыцiскаецца да падэшвы; металічнай фасоннай накрыўкі *6*; ручкі *7*, верхняя частка якой пакрыта цепла-ізаляцыйным матэрыялам; дзвюх шайбаў і дзвюх гаек *11* і *12*, пры дапамозе якіх усе дэталі праса (у тым ліку і ручка) прымацоўваюцца да яго падэшвы. Для замацавання ў падэшву ўкручаны дзве шпількі *9* і *10* з разьбой.



Рыс. 51. Электрычны прас у разабраным выглядзе.

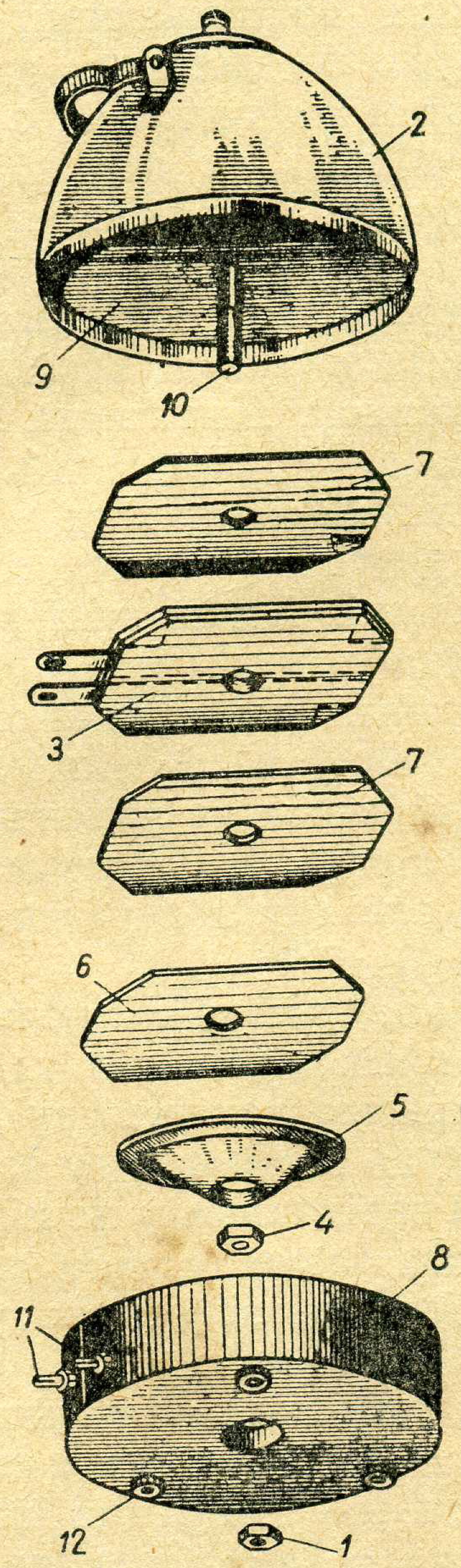
Чайнік (рыс. 52) складаецца з металічнага корпуса, куды наліваюць ваду. У цэнтры корпуса знізу ёсць болт *10* з разьбой, пры дапамозе якога да дна чайніка прымацоўваюць металічную аснову *8*; паміж імі змяшчаецца награвальны элемент, ахаваны з двух бакоў міканітавымі пракладкамі *7* і прыціснуты да дна чайніка тоўстым металічным дыскам *5* і гайкай *4*. Да ніжняга боку асновы прымацаваны тры ізаляцыйныя падкладкі *12*, якія з'яўляюцца ножкамі чайніка.

Электрычная плітка (рыс. 53) з адкрытым награвальным элементам яшчэ больш простая па сваёй канструкцыі. У бакавой сценцы металічнага корпуса яе *1*, які мае тры ножкі, прасвідравана дзве адтуліны, у якіх замацоўваюцца вывадныя стрыжні. Стрыжні ізаляваны ад корпуса, і да іх пры дапамозе гаек далучаюцца канцы спіралі, якія змешчаны ў пазах тоўстай керамічнай пласцінкі *2*. Пласцінка ўстанаўліваецца (3) у верхняй частцы корпуса і прымацоўваецца да яго металічным кольцам *4*, якое сваімі бакавымі сценкамі шчыльна надзяваецца на корпус. Лічбай *5* на рысунку 53 адзначана сабраная плітка.

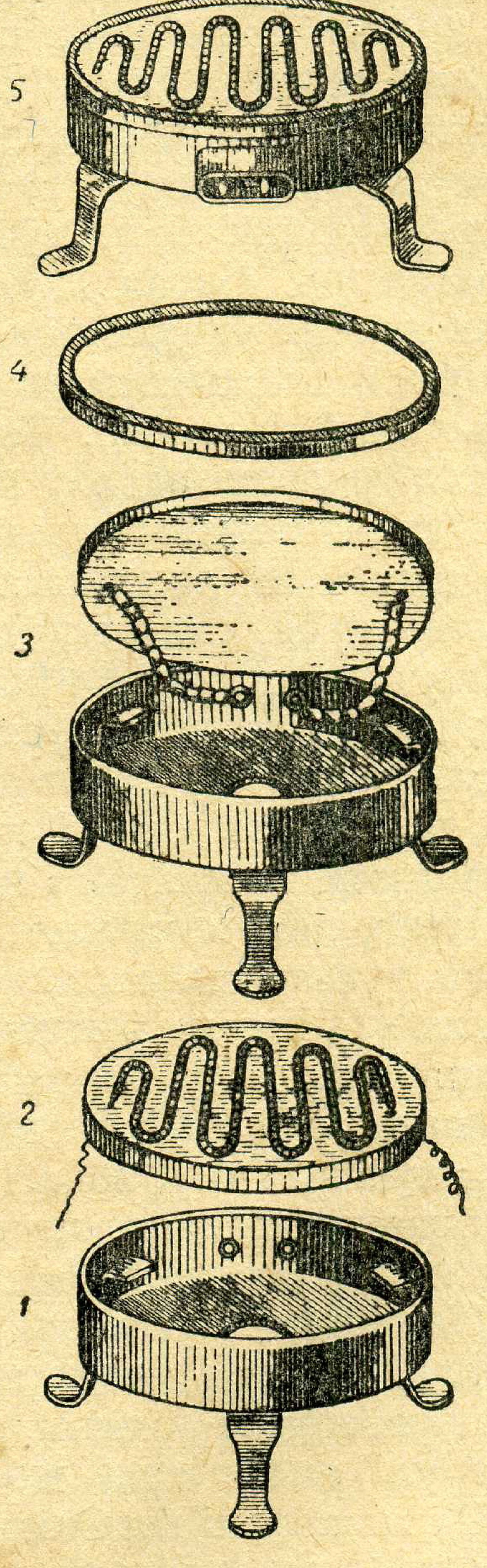
У электранагравальных прыборах часцей за ўсё перагараюць

канцы награвальных элементаў, якімі элемент далучаецца да кантактавых стрыжняў. Акрамя таго, даволі часта ў якім-небудзь месцы перагараюць праваднікі награвальнага элемента. Каб устараніць гэтае пашкоджанне, трэба разабраць электрычны прыбор, знайсці абрыў і, калі можна, злучыць перагарэўшыя праваднікі. Калі ж перагарэўшы награвальны элемент адрамантаваць нельга, яго замяняюць новым.

Каб разабраць чайнік, адвінч-



Рыс. 52. Электрычны чайнік у разабраным выглядзе: *1* — ніжняя змацавальная гайка, *2* — корпус чайніка, *3* — награвальны элемент, *4* — зажымная гайка, *5* — металічны дыск для злучэння дэталей, *6* — металічная пласцінка, *7* — асбеставыя ізалюючыя пракладкі, *8* — аснова чайніка, *9* — дно чайніка, *10* — злучальны болт, *11* — вывадныя кантакты, *12* — ізаляцыйныя падкладкі — ножкі.



Рыс. 53. Электрычная плітка адкрытага тыпу.

ваюць гайку, пры дапамозе якой аснова яго прымацоўваецца да корпуса. Калі пашкоджан толькі кантакт каля стрыжня, то крыху падымаюць корпус і нанава далучаюць канцы награвальнага элемента да вывадных стрыжняў, моцна закручваючы гайкі. Калі ж канцы абгарэлі настолькі, што ўжо не дастаюць да кантактавых стрыжняў, іх нарошчваюць дротам або палоскай з такога ж матэрыялу. Прыціскаючы аснову чайніка да яго корпуса, трэба сачыць, каб гэтыя канцы, выгінаючыся не датыкнуліся да корпуса або адзін да другога.

Калі награвальны элемент вышаў са строю, яго трэба разабраць, выявіць тое месца, дзе перагарэў праваднік элемента, зняць адзін віток і зрабіць злучэнне перагарэўшых канцоў. Для гэтага канцы зачышчаюць да бляску, згінаюць у кольца, прыкладваюць адзін да другога і злучаюць паміж сабой заклёпкай з мяккага металу. Можна таксама скруціць канцы адзін з другім, абгарнуць тонкай латунню і шчыльна абціснуць пласкагубцамі. Аднак такі рамонт недаўгавечны, таму што пашкоджанае месца ў выніку павялічанага супраціўлення будзе ўвесь час перагравацца і абавязкова зноў перагарыць. Пасля двух-трох такіх злучэнняў награвальная спіраль значна ўкараціцца, агульнае супраціўленне яе паменшыцца, велічыня спажываемага току ўзрасце і спіраль будзе перагараць усё часцей і часцей. Таму награвальны элемент з перагарэўшай спіраллю лепш адразу замяніць новым.

Адрамантаваны прыбор зноў збіраюць, устанаўліваючы ўсе яго дэталі на ранейшыя месцы. Так, напрыклад, збіраючы электрычны прас, спачатку да яго падэшвы прыкладваюць адну ізаляцыйную пласцінку з міканіту. На яе кладуць награвальны элемент так, каб ён не датыкаўся да падэшвы і да завінчаных у яе шпілек. Пасля гэтага, не зрушваючы награвальнага элемента, закрываюць яго другой ізалюючай пласцінкай, прыціскаюць зверху чыгуннай баластавай пласцінай і на шпількі закручваюць гайкі.

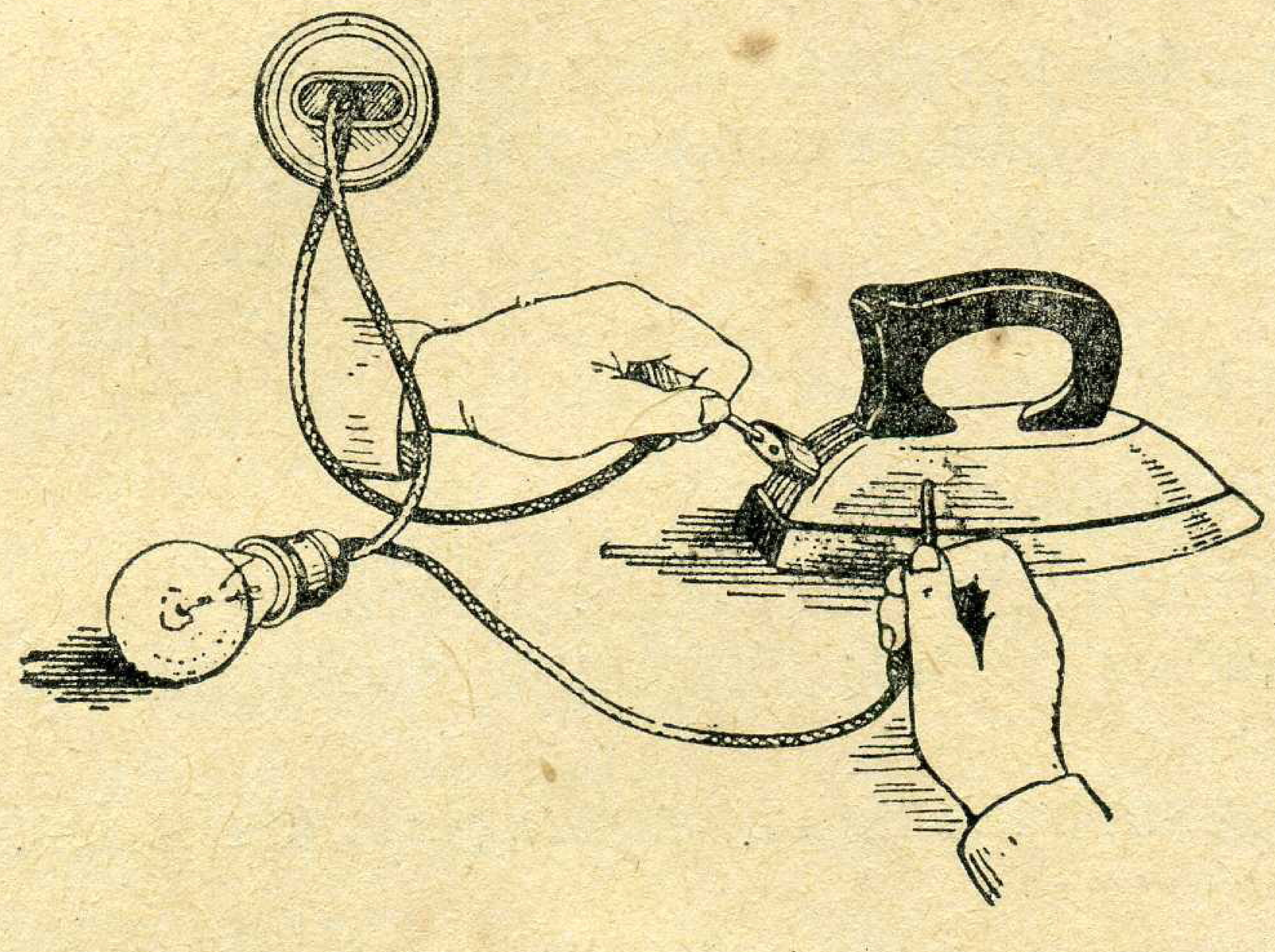
Наступная аперацыя — далучэнне канцоў награвальнага элемента з вывадным стрыжнем — найбольш адказная; як паказвае практыка, іменна ў гэтым месцы часцей за ўсё здараецца пашкоджанне ў выніку непрадбачанага злучэння токавядучых палосак (праваднікоў) паміж сабой, або з кантактавымі стрыжнямі, або з корпусам. Таму, збіраючы прыбор, трэба забяспечыць надзейную ізаляцыю вывадных канцоў награвальнага элемента ад акружаючых яго металічных дэталей.

Пад канец зборкі закрываюць прас накрыўкай, надзяваюць на шпількі ручку і моцна зацягваюць гайкі, якімі накрыўка і ручка змацоўваецца з прасам. Працэс зборкі электрычнага чайніка або каструлі амаль такі ж.

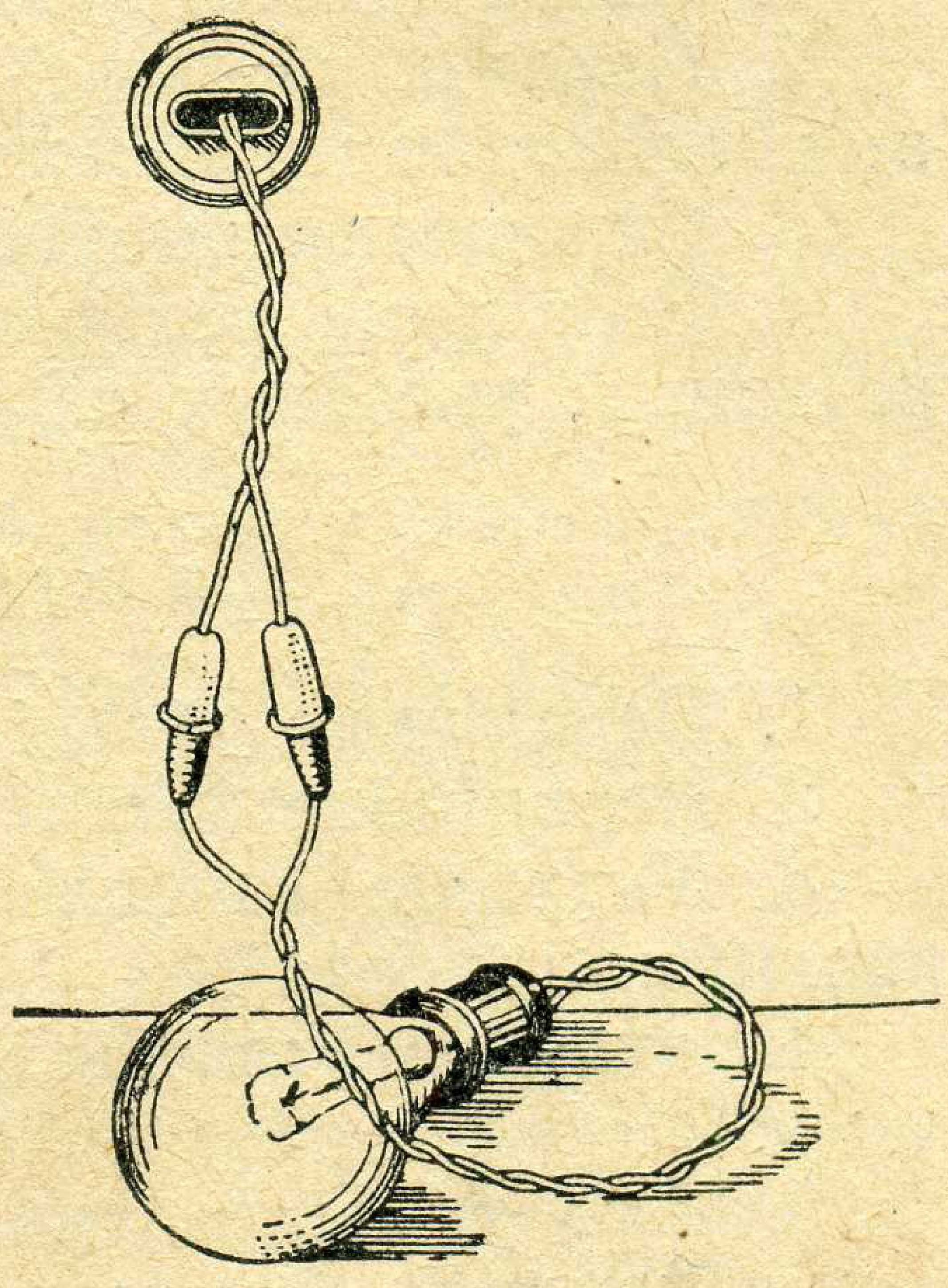
Пасля зборкі неабходна праверыць, ці не датыкаецца да корпуса якая-небудзь токавядучая дэталь прыбора. Для гэтага бяруць кантрольную лямпу, уключаюць яе вілачкі ў штэпсельную разетку і адным свабодным аголеным провадам (рыс. 54) датыкаюцца да корпуса прыбора, а другім — спачатку датыкаюцца да аднаго

вываднога кантактавага стрыжня, а затым — да другога. Калі пры гэтым лямпа загарыцца, то гэта ўказвае на наяўнасць замыкання паміж адным або двума канцамі награвальнага элемента і корпусам, што неабходна неадкладна ўстараніць.

Пасля рамонту награвальнага прыбора правяраюць стан злучальнага шнура або выраблюць новы, калі яго няма. У шнуры ў выніку няправільнага і неакуратнага карыстання можа адбыцца абрыў токавядучай жылы, часцей за ўсё каля штэпсельных вілачак або фарфоравых гільзаў. Калі ж пасля ўстаранення ўказаных няспраўнасцей шнур усё-такі не падае ток у прыбор, значыць, у нейкім месцы ў сярэдзіне пераламілася токавядучая жыла. Для выяўлення абрыву выкарыстоўваюць кантрольную лямпу, уключаючы яе ў сетку праз гэты шнур (рыс. 55). Правяраючы па чарзе кожны



Рыс. 54 Праверка электрычнага праса пры дапамозе кантрольнай лямпы.



Рыс. 55. Праверка шнура кантрольнай лямпай.

праваднік шнура па ўсёй яго даўжыні, устанаўліваюць, у якім з іх ёсць абрыў, і замяняюць яго або рамантуюць. Паправіўшы злучальны шнур, выкарыстоўваюць яго для праверкі работы адрамантаванага прыбора.

Выкананне работы

1. Азнаёмцеся са знешняй будовай электранагравальнага прыбора, вызначце яго прызначэнне. Прачытайце пашпарт прыбора (таблічку), устанавіце яго магутнасць і рабочае напружанне. Праверце, ці адпавядае гэтае напружанне напружанню школьнай электрычнай сеткі.

2. Пры дапамозе кантрольнай лямпы праверце стан злучальнага шнура і ў выпадку выяўлення пашкоджання адрамантуйце яго.

3. Уключыце награвальны прыбор у сетку і праверце яго работу.

4. Асцярожна разбярыце прыбор, уважліва завучыце яго ўнутраную будову, звяртаючы галоўную ўвагу на канструкцыю і прызначэнне кожнай дэталі.

5. Калі будуць выяўлены пашкоджанні, спраўце награвальны элемент або, калі гэтага зрабіць нельга, замяніце яго новым.

6. Збярыце прыбор і пры дапамозе кантрольнай лямпы праверце, ці няма ў ім замыканняў на корпусе; уключыце прыбор у электрычную сетку і выпрабуйце яго ў рабоце.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Парадак разборкі прыбора, правядзення рамонту; выяўленыя пашкоджанні і спосаб іх устаранення.
3. Спрошчаны рысунак будовы награвальнага прыбора.
4. Вылічэнне велічыні току, спажываемага гэтым прыборам, па даных, указаных на яго таблічцы.

Кантрольныя пытанні

1. Пералічыце дэталі электрычнай пліткі.
2. Пералічыце дэталі электрычнага чайніка і праса.
3. Укажыце найбольш слабыя месцы бытавых электранагравальных прыбораў.
4. Якая магутнасць электранагравальных прыбораў, якія ёсць у вас?
5. Што трэба ведаць аб электрычнай сетцы вашай кватэры, ідучы купляць бытавы прыбор?
6. Што такое кантрольная лямпа і для чаго яна выкарыстоўваецца? Яе будова.

АДДЗЕЛ ДРУГІ

ТЭХНІЧНЫЯ ЭЛЕКТРАВЫМЯРАЛЬНЫЯ ПРЫБОРЫ

§ 10. КЛАСІФІКАЦЫЯ ЭЛЕКТРАВЫМЯРАЛЬНЫХ ПРЫБОРАЎ

У тэхніцы для вымярэння розных электрычных велічынь ужываюцца тэхнічныя электравымяральныя прыборы. У залежнасці ад прынцыпу дзеяння прыборы класіфікуюць па сістэмах. Найбольш распаўсюджаны наступныя сістэмы: 1) магнітаэлектрычная, 2) электрамагнітная, 3) электрадынамічная, 4) індукцыйная.

Па ступені дакладнасці вымяральныя прыборы з непасрэдным адлікам вымяральнай велічыні па шкале падраздзяляюцца на класы, прыведзеныя ў табліцы.

Памылка ў паказаннях прыбора залежыць ад яго класа. Напрыклад, амперметр класа 2,5, які мае верхнюю мяжу паказанняў 5 *а*, можа даць пагрэшнасць паказанняў на велічыні:

$$\Delta A = \pm \frac{5 \cdot 2{,}5}{100} = \pm 0{,}125\, a.$$

З табліцы відаць, што клас прыбора вызначаецца пагрэшнасцю, выражанай у працэнтах.

Клас прыбора абазначаецца на шкале.

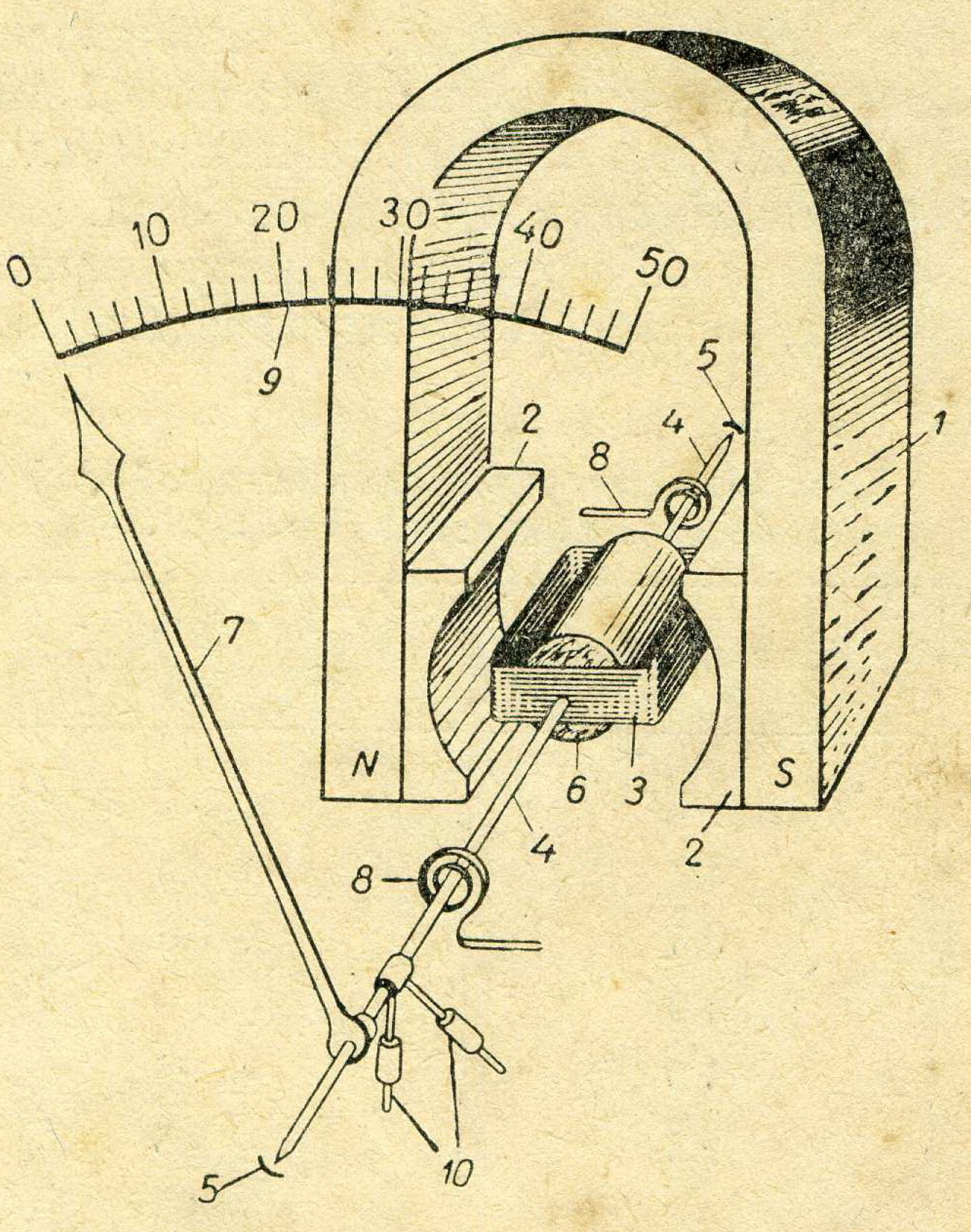
Класіфікацыя вымяральных прыбораў па ступені дакладнасці (ГОСТ-1845-52)

Клас прыбора	Асноўная пагрэшнасць
0,1	± 0,1
0,2	± 0,2
0,5	± 0,5
1,0	± 1,0
1,5	± 1,5
2,5	± 2,5
4,0	± 4,0

Электравымяральныя прыборы. У практыцы электрычных вымярэнняў найбольш часта ўжываюць такія электравымяральныя прыборы: 1) амперметры, прызначаныя для вымярэння велічыні току ў ланцугу; 2) вольтметры — для вымярэння напружання або рознасці патэнцыялаў паміж двума любымі пунктамі электрычнага ланцуга; 3) ватметры — для вымярэнняў магутнасці электрычнага току; 4) электрычныя лічыльнікі — для

ўліку энергіі, якую атрымлівае спажывец ад электрастанцый; 5) омметры і вымяральныя масты для вымярэння супраціўлення.

Амперметры і вольтметры часцей за ўсё бываюць магнітаэлектрычнай сістэмы — для вымярэння ў ланцугах пастаяннага току — або электрамагнітнай сістэмы — для вымярэння ў ланцугах пераменнага току прамысловай частаты (пяцьдзесят перыядаў у секунду або 50 *гц*). Вымяральны механізм прыбора магнітаэлектрычнай сістэмы паказан на рысунку 56. Ён складаецца з пастаяннага падкавападобнага магніта *1*, да полюсаў якога ўмацаваны полюсныя башмакі *2*, паміж імі знаходзіцца алюмініевая рамка з абмоткай *3*. Рамка ўмацавана на дзвюх паўвосях *4*, якія ўпіраюцца ў падпятнікі *5*. У сярэдзіне рамкі дакладна па яе восі ўстаноўлен стальны цыліндр *6*. Таму паміж полюснымі башмакамі і цыліндрам утвараецца моцнае раўнамернае радыяльнанакіраванае магнітнае поле. Рамка з абмоткай размяшчаецца ў зазоры паміж башмакамі і цыліндрам, не датыкаючыся да іх.



Рыс. 56. Схема будовы электравымяральнага прыбора магнітаэлектрычнай сістэмы: *1* — падкавападобны магніт, *2* — полюсныя башмакі, *3* — алюмініевая рамка з абмоткай, *4* — паўвосі, *5* — падпятнікі, *6* — стальны цыліндр, *7* — указальная стрэлка, *8* — спіральныя спружынкі, *9* — шкала, *10* — ураўнаважваючыя грузікі.

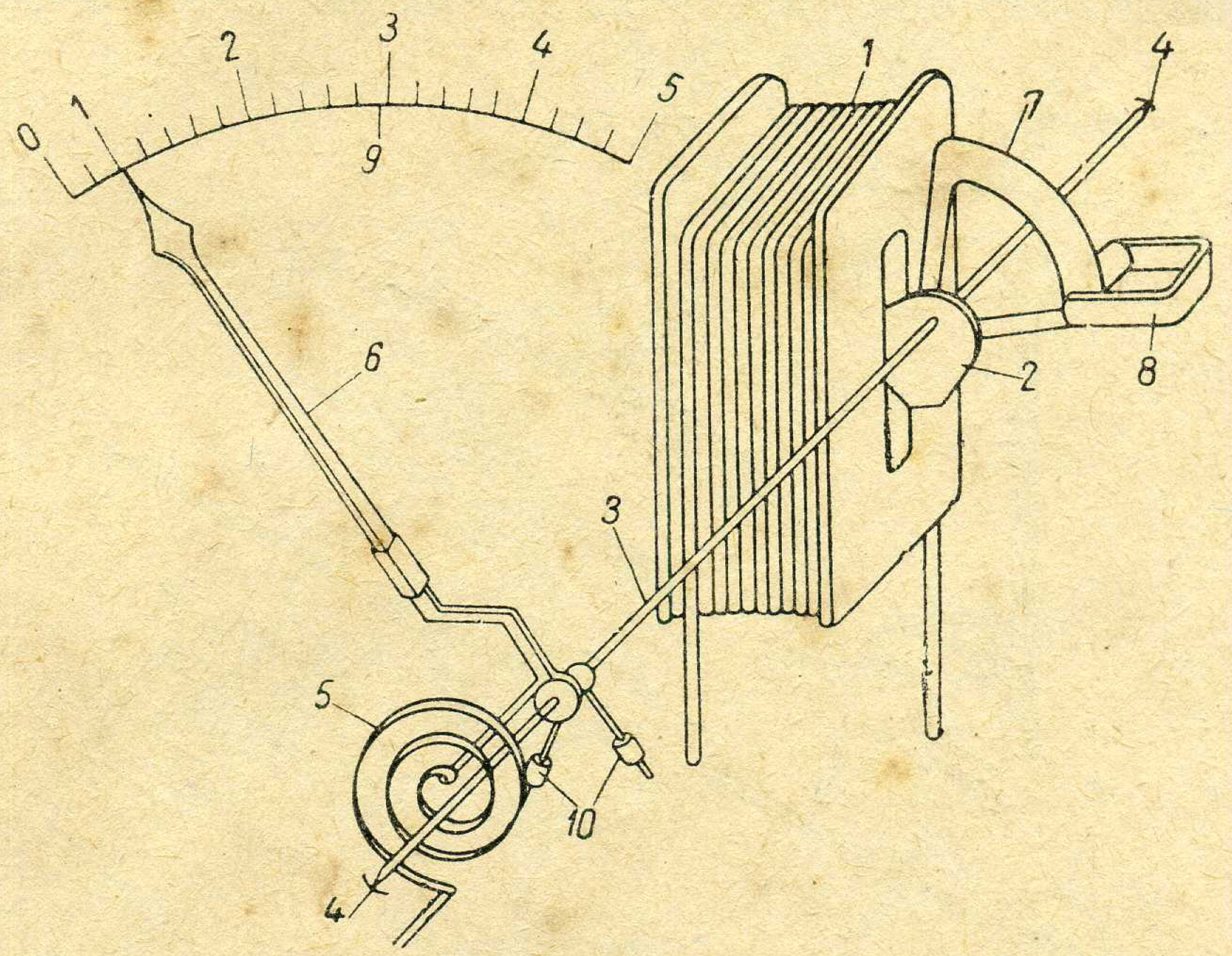
Пры праходжанні току па вітках абмоткі ўзнікае ўзаемадзеянне паміж магнітным полем току і магнітным полем пастаяннага магніту. У выніку гэтага ўзаемадзеяння ўтвараецца сіла, якая паварочвае рамку (узнікае верцячы момант). Напрамак руху рамкі вызначаецца па правілу левай рукі.

Рухомая сістэма супакойваецца ў выніку ўзаемадзеяння пастаяннага магнітнага поля і індукцыйных токаў, узнікаючых у алюмініевым каркасе рамкі пры руху яе ў гэтым магнітным полі.

Спіральныя спружынкі *8* утвараюць процідзеючы момант. Яны ж служаць для падводу току ў рамку. Раўнавага настае пры роўнасці верцячага і процідзеючага момантаў, пры гэтым указальная стрэлка *7* паказвае на шкале значэнне вымяраемай велічыні. Для ўстаноўкі стрэлкі на 0 нацяжэнне спіральных спружынак можна рэгуляваць пры дапамозе вінта (карэктара),

выведзенага на панель прыбора. Вінт праз сістэму — эксцэнтрык, вілачкі і рычаг — звязан з пярэдняй спіральнай спружынкай. Сістэма карэкціравання на рысунках не паказана.

У амперметрах і вольтметрах электрамагнітнай сістэмы выкарыстоўваецца дзеянне магнітнага поля току, праходзячага па нерухомай катушцы на рухомы сардэчнік з ферамагнітнага матэрыялу. У сучасных электравымяральных прыборах гэтай сістэмы ўжываюцца плоскія або круглыя катушкі. Схема будовы прыбора з плоскай катушкай прыведзена на рысунку 57. Нерухомая частка прыбора складаецца з катушкі *1*, у сярэдзіну якой можа ўваходзіць плоскі жалезны пялёстак *2*, прымацаваны да восі *3*, якая ўпіраецца ў падпятнікі *4*.



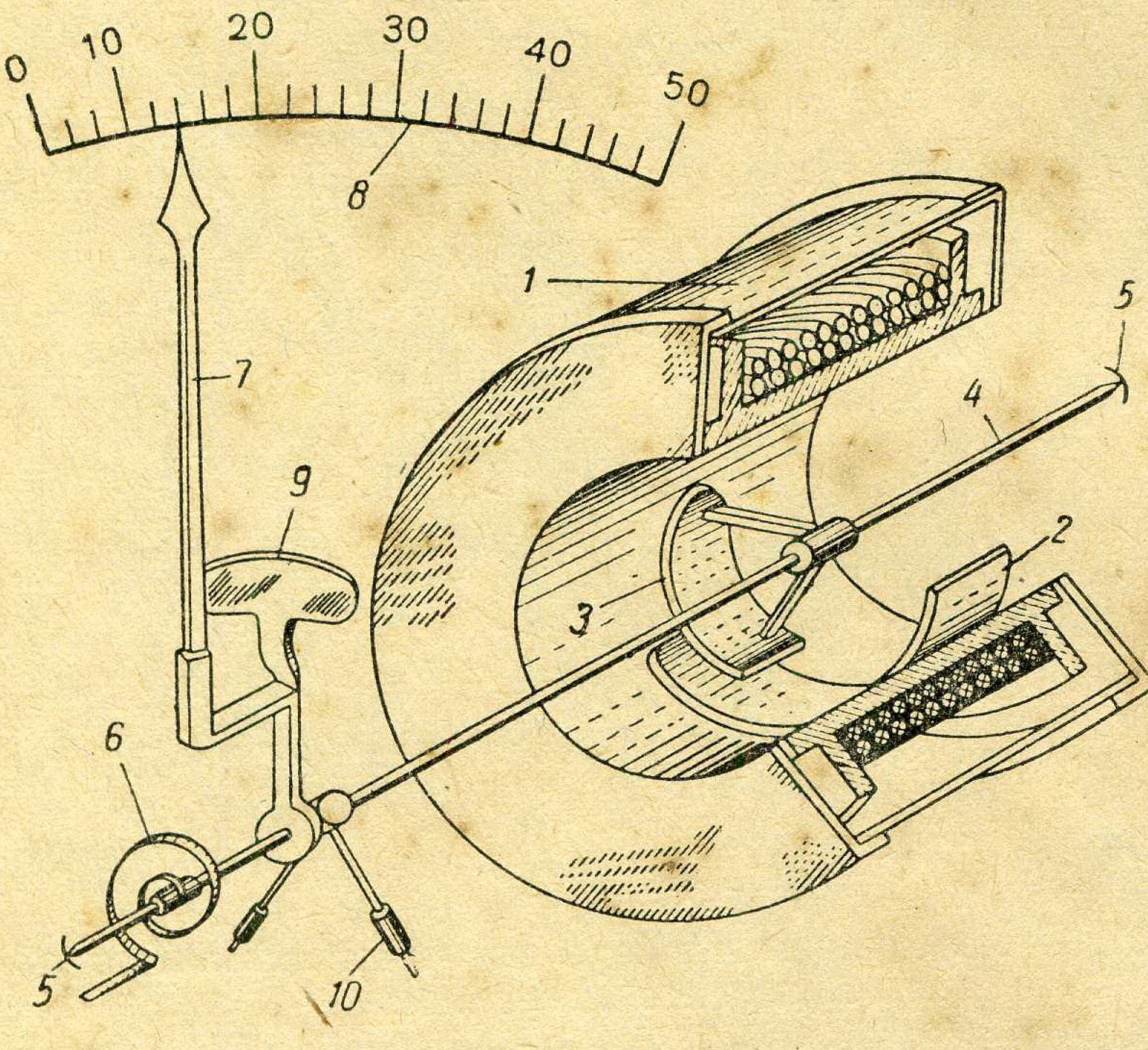
Рыс. 57. Схема будовы прыбора электрамагнітнай сістэмы з плоскай катушкай:

1 — нерухомая катушка, *2* — рухомы пялёстак, *3* — вось, *4* — падпятнікі, *5* — спіральная спружына, *6* — указальная стрэлка, *7* — алюмініевая пласцінка супакойвальніка, *8* — магніт, *9* — шкала, *10* — ураўнаважваючыя грузікі.

Калі па катушцы праходзіць пастаянны або пераменны ток, пялёстак уцягваецца ў сярэдзіну яе і вось са стрэлкай *6* паварочваецца. Пры гэтым закручваецца спіральная спружынка *5*, утвараючы процідзеючы момант. Заспакаенне ваганняў адбываецца ў выніку дзеяння магнітаіндукцыйнага супакойвальніка, які складаецца з алюмініевай пласцінкі *7* і пастаяннага магніта *8*. Пры руху пласцінкі ў полі пастаяннага магніта ў ёй узнікаюць віхравыя токі, якія ўтвараюць магнітнае поле. Узаемадзеянне поля пастаяннага магніта з полем віхравых такаў утварае тармажэнне, і ваганні рухомай сістэмы паступова затухаюць — адбываецца заспакаенне.

У электрамагнітным прыборы другой канструкцыі (рыс. 58) нерухомай часткай служыць круглая катушка *1*. У сярэдзіне яе ўмацавана жалезная пласцінка *2*. Другая жалезная пласцінка *3* прымацавана да восі *4*, якая ўпіраецца ў падпятнікі *5*. Пры праходжанні пераменнага або пастаяннага току па катушцы, абедзве пласцінкі намагнічваюцца аднолькавай палярнасцю і адштурхваюцца, утвараючы верцячы момант. У выніку гэтага рухомая частка прыбора паварочваецца. Процідзеючы момант утвараецца спіральнай спружынкай *6* гэтак жа, як і ў папярэднім прыборы.

Ватметры — гэта прыборы электрадынамічнай сістэмы. Яны ўжываюцца для вымярэння магутнасці электрычнага току. Прынцып іх дзеяння заснаван на ўзаемадзеянні, узнікаючым паміж двума праваднікамі пры праходжанні па ім электрычнага току.

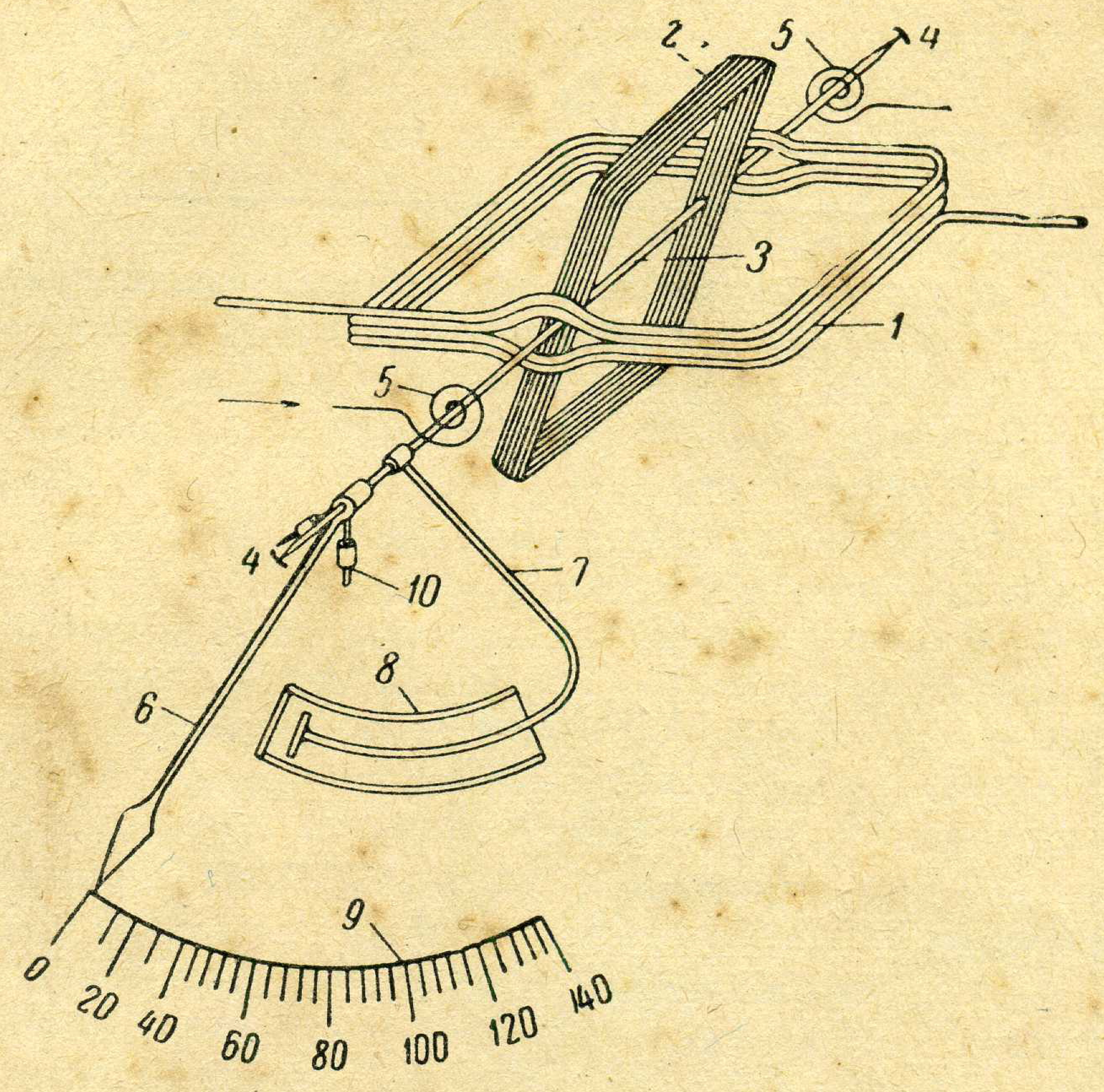


Рыс. 58. Схема будовы прыбора электрамагнітнай сістэмы з круглай катушкай:

1 — катушка, *2* — нерухомая жалезная пласцінка, *3* — рухомая жалезная пласцінка, *4* — вось, *5* — падпятнікі, *6* — спіральная спружына, *7* — указальная стрэлка, *8* — шкала, *9* — алюмініевая пласцінка супакойвальніка, *10* — ураўнаважваючыя грузікі.

Схема будовы ватметра прыведзена на рысунку 59. Нерухомай часткай прыбора з'яўляецца катушка *1* з невялікай колькасці віткоў тоўстага ізаляванага дроту. У сярэдзіне яго ўмацавана на восі *3* рухомая катушка *2* з вялікай колькасці віткоў тоненькага ізаляванага праваду. Вось упіраецца ў падпятнікі *4*. Канцы абмоткі рухомай катушкі злучаны са спіральнымі спружынкамі. Яны з'яўляюцца адначасова вываднымі праваднікамі і прыстасаваннямі для стварэння процідзеючага моманту. Да восі прымацавана ўказальная стрэлка *6* і рычажок паветранага супакойвальніка *7*. Пры

вымярэнні магутнасці электрычнага току нерухомая катушка ўключаецца паслядоўна ў ланцуг нагрузкі. Праз яе праходзіць ток I_i, спажываемы нагрузкай. Рухомая катушка далучаецца праз дадатковае супраціўленне паралельна ланцугу нагрузкі (спажыўца), як паказана на рысунку 60. Праз яе праходзіць ток I_v, велічыня якога прапарцыянальна напружанню, падведзенаму да ланцуга. У выніку ўзаемадзеяння токаў, працякаючых па катушках, узнікае верцячы момант, прапарцыянальны вымяраемай магутнасці электрычнага току ў ланцугу, роўнай IU[1].



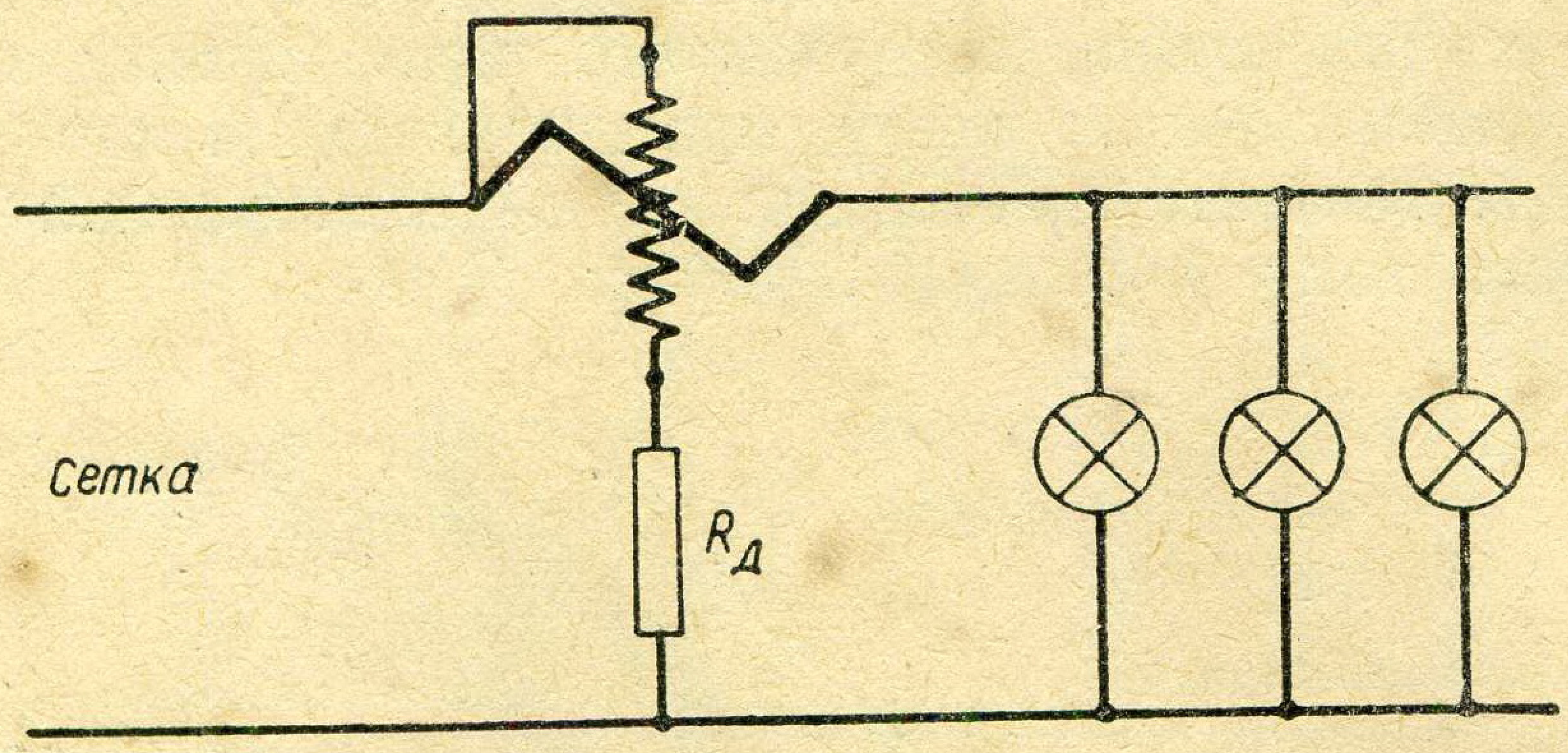
Рыс. 59. Схема будовы вымяральнага прыбора электрадынамічнай сістэмы:

1 — нерухомая катушка з тоўстага дроту, *2* — рухомая катушка з тонкага дроту, *3* — вось, *4* — падпятнікі, *5* — спіральныя спружыны, *6* — указальная стрэлка, *7* — рычажок супакойвальніка, *8* — паветраны супакойвальнік, *9* — шкала, *10* — ураўнаважваючыя грузікі.

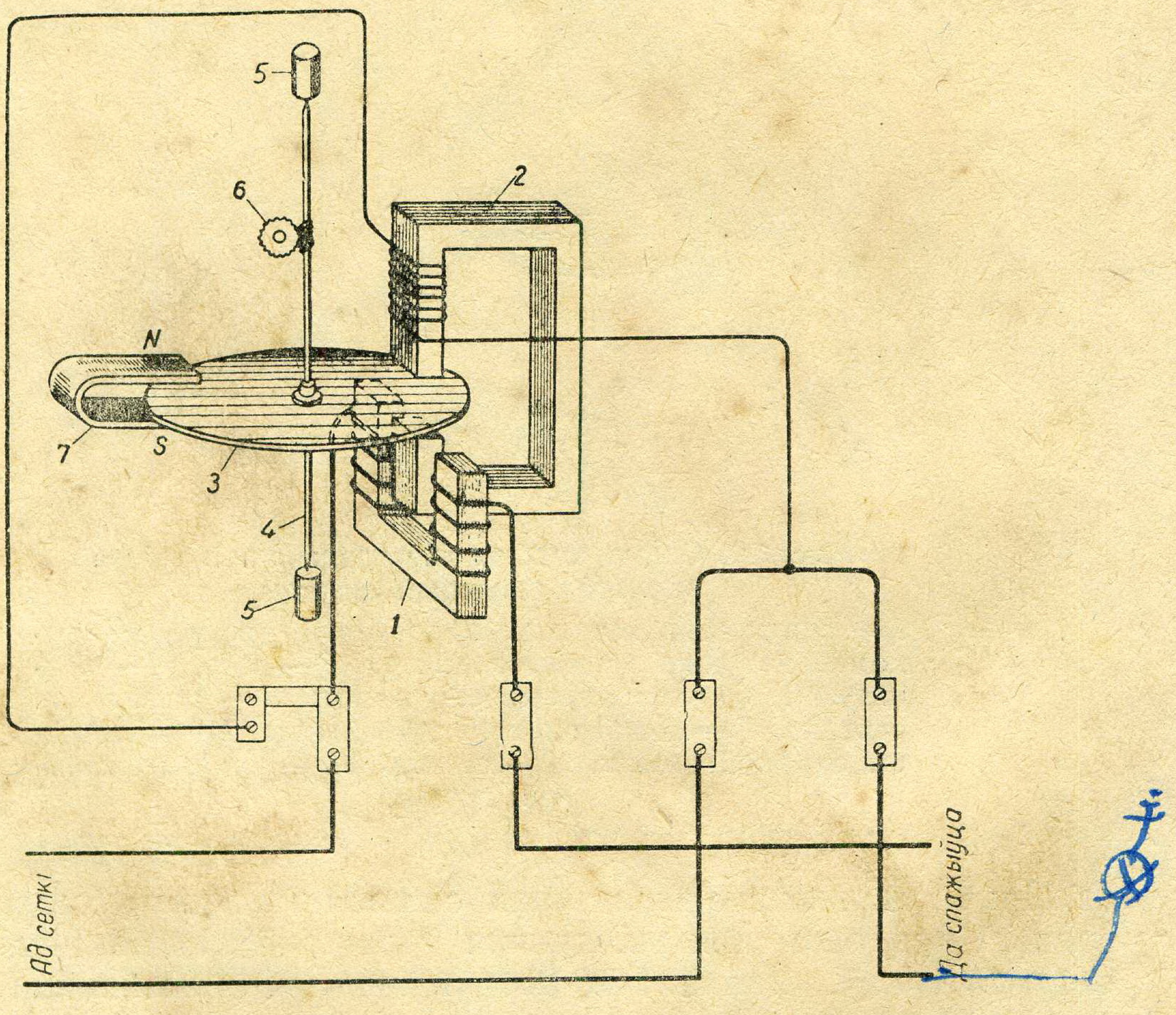
Прыборы электрадынамічнай сістэмы маюць высокую дакладнасць і прыгодны для вымярэння ў ланцугах пастаяннага і пераменнага токаў. Шкала ў іх нераўнамерная. Яны баяцца перагрузак токам больш намінальнага значэння, на які разлічан прыбор.

[1] Са сказанага вынікае, што электрадынамічныя прыборы пры некатором змяненні ва ўключэнні могуць выкарыстоўвацца, як амперметры і вольтметры.

На паказанні прыбораў уплываюць знешнія магнітныя палі, ад якіх абараняюцца экранамі або спецыяльнай канструкцыяй вымяральнага механізма.



Рыс. 60. Схема вымяральнага прыбора электрадынамічнай сістэмы.



Рыс. 61. Схема будовы аднафазнага індукцыйнага лічыльніка электрычнай энергіі:
1 — паслядоўны электрамагніт, *2* — паралельны электрамагніт, *3* — алюмініевы дыск, *4* — вось, *5* — падпятнікі, *6* — чарвячная передача да лічыльнага механізма, *7* — пастаянны магніт.

Індукцыйны лічыльнік электрычнай энергіі. Схема будовы аднафазнага індукцыйнага лічыльніка для вымярэння энергіі пераменнага току паказана на рысунку 61.

Ён складаецца з двух нерухомых электрамагнітаў *1* і *2*, уключаемых у сетку паслядоўна і паралельна. Рухомай часткай з'яўляецца алюмініевы дыск *3*, размешчаны паміж полюсамі электрамагнітаў і ўмацаваны на вертыкальнай восі *4*. Канцы восі ўпіраюцца ў падпятнікі *5*. Увесь рабочы ток спажыўца праходзіць праз катушку электрамагніта *1*. Электрамагніт *2* уключаецца ў ланцуг падобна да ўключэння вольтметра. Таму ток, які праходзіць па яго абмотцы, прапарцыянальны напружанню ланцуга спажыўца.

Пры ўключэнні лічыльніка ў ланцуг спажыўца пераменныя токі, праходзячыя па катушках электрамагнітаў, утвараюць пераменныя магнітныя патокі, пранізваючыя алюмініевы дыск *3*. У выніку гэтага ў дыску індукціруюцца віхравыя токі. Узаемадзеянне магнітнага поля гэтых такаў з магнітнымі патокамі электрамагнітаў прыводзіць у вярчэнне алюмініевы дыск. Вярчэнне дыска перадаецца лічыльнаму механізму праз сістэму чарвячнай перадачы і шасцярэнек *6*.

Дыск лічыльніка, верцячыся, перасякае магнітны паток пастаяннага магніта *7*. Пры гэтым у дыску ўзнікнуць другія віхравыя токі. Магнітнае поле гэтых такаў, узаемадзейнічаючы з магнітным полем пастаяннага магніта, тармозіць вярчэнне дыска. У першы момант работы лічыльніка яго дыск верціцца з нарастаючай скорасцю; расце таксама і сіла, тармозячая дыск. Калі сіла тармажэння (процідзеючы момант), будзе роўна сіле, верцячай дыск (верцячы момант), скорасць вярчэння будзе пастаяннай і прапарцыянальнай магутнасці электрычнага току, праходзячага праз лічыльнік. Гэтая магутнасць, памножаная на час, на працягу якога верціцца дыск лічыльніка, дае велічыню работы або энергіі электрычнага току, праходзячага праз лічыльнік пры дадзеным напружанні.

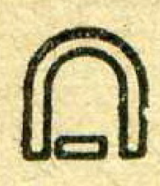
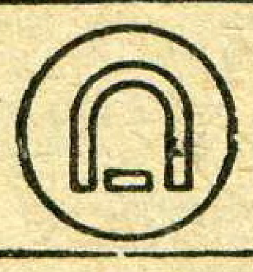
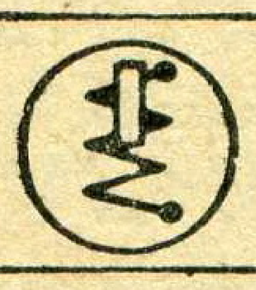
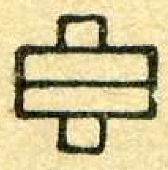
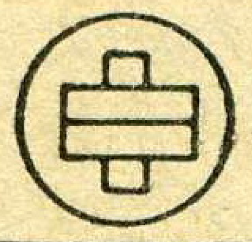
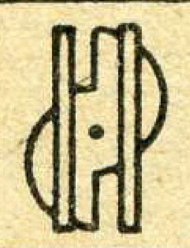
Схемы ўключэння электравымяральных прыбораў у электрычны ланцуг прыводзяцца ў апісаннях практычных работ.

§ 11. УМОЎНЫЯ АБАЗНАЧЭННІ НА ШКАЛАХ ПРЫБОРАЎ І ПРЫБОРАЎ У СХЕМАХ

Асноўныя тэхнічныя характарыстыкі электравымяральных прыбораў кожнай сістэмы прыводзяцца на шкале. Гэтыя ўмоўныя абазначэнні, а таксама абазначэнні прыбораў дадзены ў табліцы.

Калі ёсць дадатковыя прыстасаванні (шунты, асобныя дадатковыя супраціўленні), на шкале прыбора робяць надпіс: «са знадворным шунтам» або «з асобным дадатковым супраціўленнем».

Табліца асноўных умоўных абазначэнняў на шкалах вымяральных прыбораў і прыбораў ў схемах

Умоўнае абазначэнне	Тлумачэнне ўмоўнага абазначэння
	Прыбор магнітаэлектрычнай сістэмы з механічнай процідзеючай сілай
	Тое ж, з магнітным экранам
	Прыбор электрамагнітнай сістэмы з механічнай процідзеючай сілай
	Тое ж, з магнітным экранам
	Прыбор электрадынамічнай сістэмы з механічнай процідзеючай сілай
	Тое ж, з магнітным экранам
	Прыбор індукцыйнай сістэмы без механічнай процідзеючай сілы (лічыльнік механічнай энергіі)
	Прыбор цеплавой сістэмы
(2,5)	Класа дакладнасці прыбора. Лічба ў кружочку — абазначэнне класа
—	Прыбор, прыгодны для вымярэнняў у ланцугах пастаяннага току
~	Прыбор, прыгодны для вымярэнняў у ланцугах пераменнага току
— ~	Прыбор, прыгодны для вымярэнняў у ланцугах пастаяннага і пераменнага току
↑	Вертыкальная ўстаноўка прыбора пры вымярэнні
→	Гарызантальная ўстаноўка прыбора пры вымярэнні
∠60°	Нахільнае палажэнне прыбора пры вымярэнні (пад вуглом 60°)
⚡ 2кV	Ізаляцыя прыбора выпрабавана напружаннем 2000 *в*

Умоўнае абазначэнне	Тлумачэнне ўмоўнага абазначэння
(A)	Амперметр у схеме электрычнага ланцуга
(V)	Вольтметр у схеме электрычнага ланцуга
(W)	Ватметр у схеме электрычнага ланцуга
Wh	Лічыльнік электрычнай энергіі

§ 12. ПРАКТЫЧНЫЯ РАБОТЫ З ТЭХНІЧНЫМІ ЭЛЕКТРАВЫМЯРАЛЬНЫМІ ПРЫБОРАМІ

Работа 7. **Вывучэнне будовы электравымяральных прыбораў**

Мэта работы. Практычна вывучыць будову і дзеянне тэхнічных амперметраў і вольтметраў электрамагнітнай і магнітаэлектрычнай сістэм. Навучыцца выконваць найпрасцейшыя вымярэнні току і напружання.

Прыборы і абсталяванне: 1) тэхнічныя вымяральныя прыборы магнітаэлектрычнай сістэмы (вольтметр са шкалой 0—15 *в* і амперметр са шкалой 0—5 *а*), 2) тэхнічныя вымяральныя прыборы электрамагнітнай сістэмы (вольтметр і амперметр з такімі ж шкаламі, як у папярэдніх прыборах), 3) разабраныя прыборы розных сістэм або вучэбны шчыт, 4) два лямпавыя або дротавыя рэастаты на ток да 5 *а*, 5) выпрамляльнік газатронны (школьны) або яго замяняючая крыніца, 6) трансфарматар школьны (127 або 220 $\times$ 12 *в*), 7) злучальныя праваднікі, 8) адвёртка.

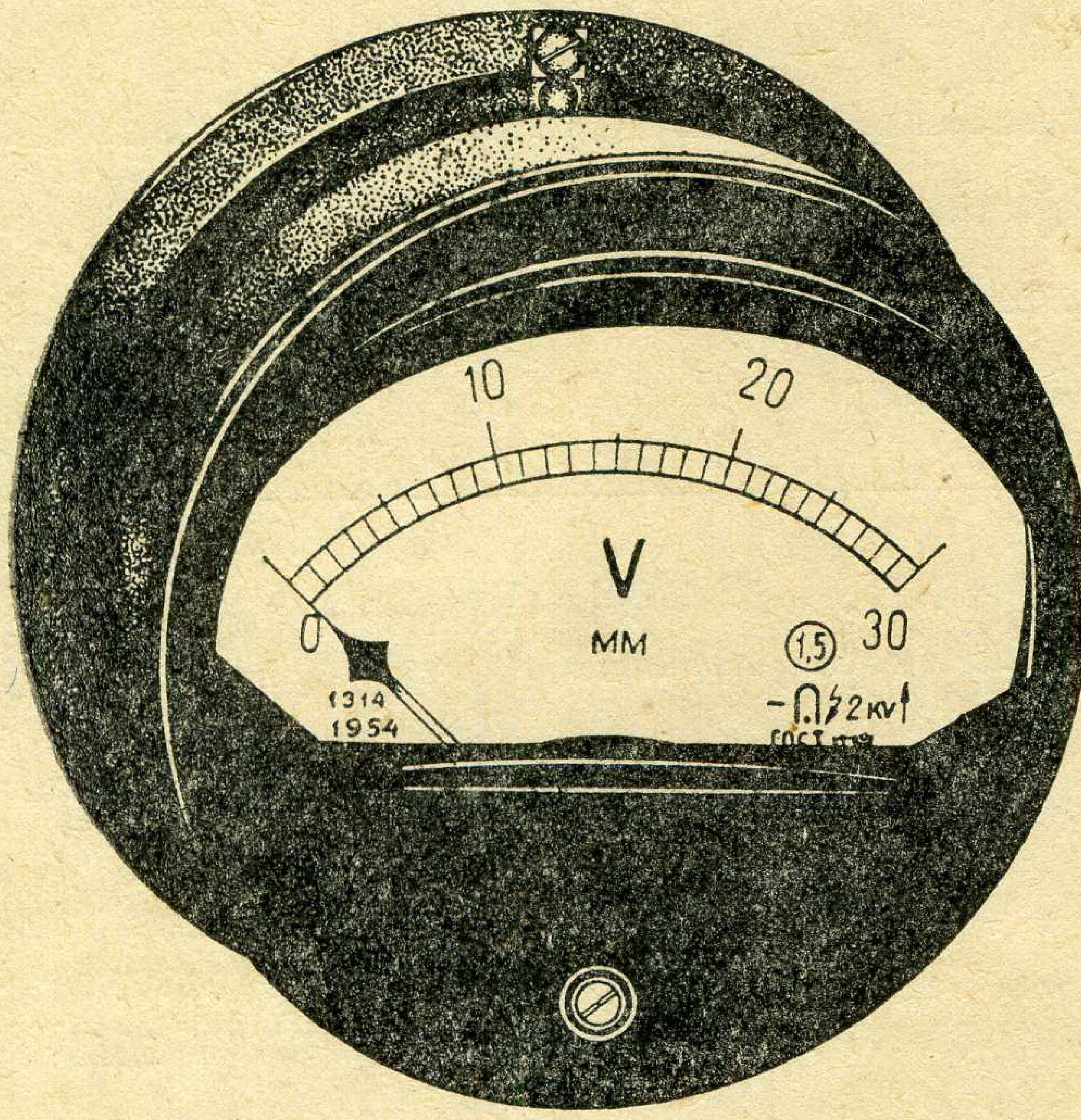
Тэарэтычныя звесткі

Тэхнічныя электравымяральныя прыборы манціруюць у круглых металічных (рыс. 62) або ў прамавугольных кожухах з пластмасы (рыс. 63). На шкалу прыбораў наносяць найбольш важныя іх тэхнічныя характарыстыкі (рыс 64). Гэта неабходна для атрымання асноўных звестак аб прыборы без разгляду яго пашпарта або падрабязнага апісання.

У адпаведнасці з патрабаваннямі ГОСТ 1845-52 на шкале прыбора павінны быць такія даныя: 1) умоўнае абазначэнне тыпу прыбора і год яго выпуску, 2) заводскі нумар, 3) таварны знак, 4) абазначэнне роду вымяраемай велічыні (вольтметр — V, амперметр — A), 5) клас дакладнасці і нумар ГОСТа, 6) умоўнае абазначэнне вымяраемага току (пераменны або пастаянны), 7) сістэма прыбора,

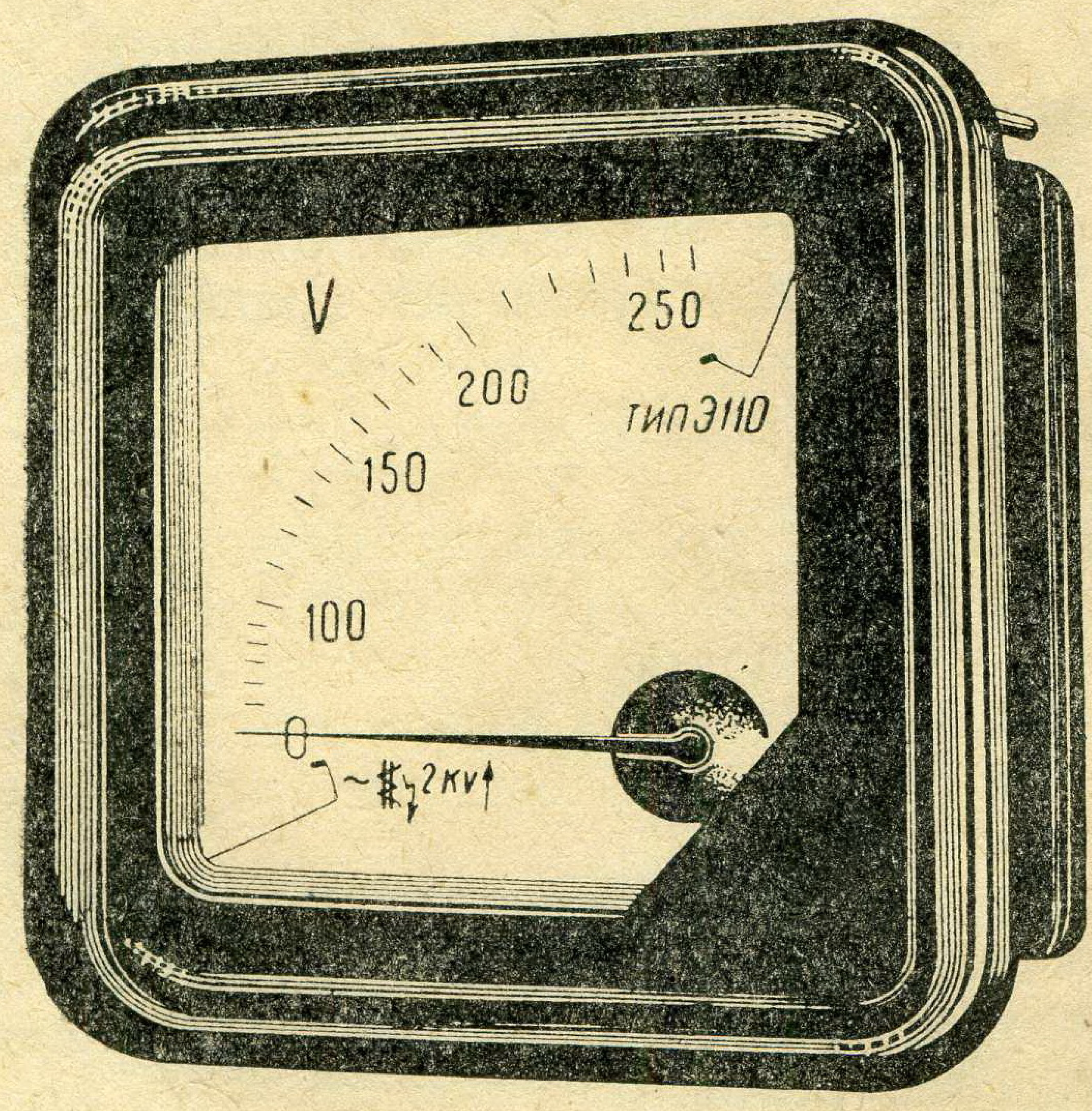
8) умоўнае абазначэнне нармальнага палажэння прыбора пры вымярэнні (калі гэта неабходна), 9) велічыня выпрабавальнага напружання ізаляцыі.

Электравымяральныя прыборы для вымярэння велічыні току (амперметры і міліамперметры) уключаюць у ланцуг толькі паслядоўна са спажыўцом. Каб уключэнне гэтых прыбораў не змяняла велічыню току ў ланцугу, іх унутранае супраціўленне павінна быць значна менш супраціўлення спажыўцоў.



Рыс. 62. Электравымяральны прыбор у круглым металічным корпусе.

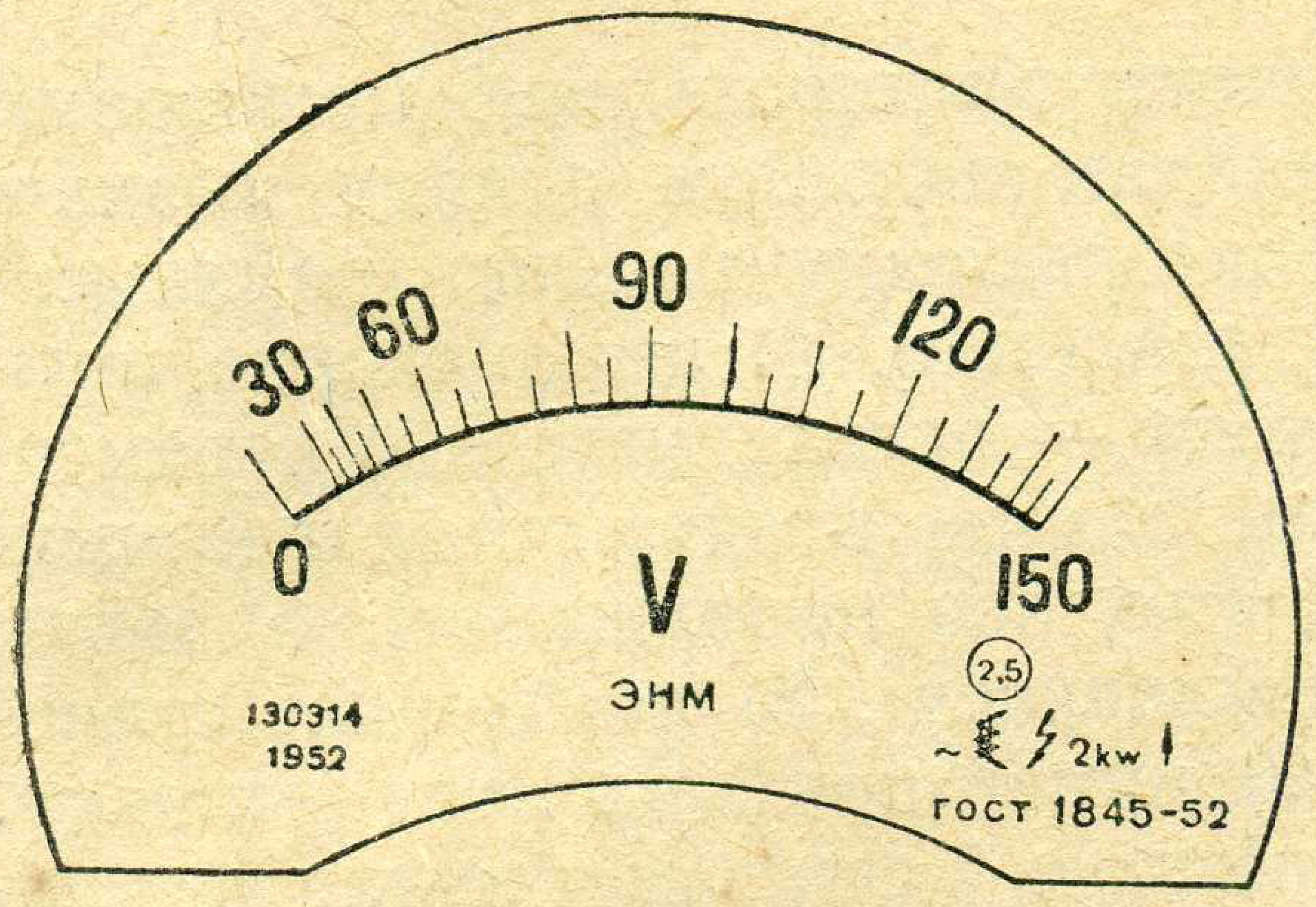
Прыборы для вымярэння напружання — вольтметры (мілівольтметры, кілавольтметры) — уключаюцца ў ланцуг толькі паралельна спажыўцам або ўчасткам супраціўленняў, на якіх вымяраюць напружанне. Для таго каб падключэнне вольтметра не змяняла б вымяраемага напружання, унутранае супраціўленне прыбора павінна быць значна боль-



Рыс. 63. Электравымяральны прыбор у прамавугольным корпусе з пластмасы.

шым у параўнанні з супраціўленнем спажыўца або ўчастка ланцуга, на якім робяць вымярэнне напружання.

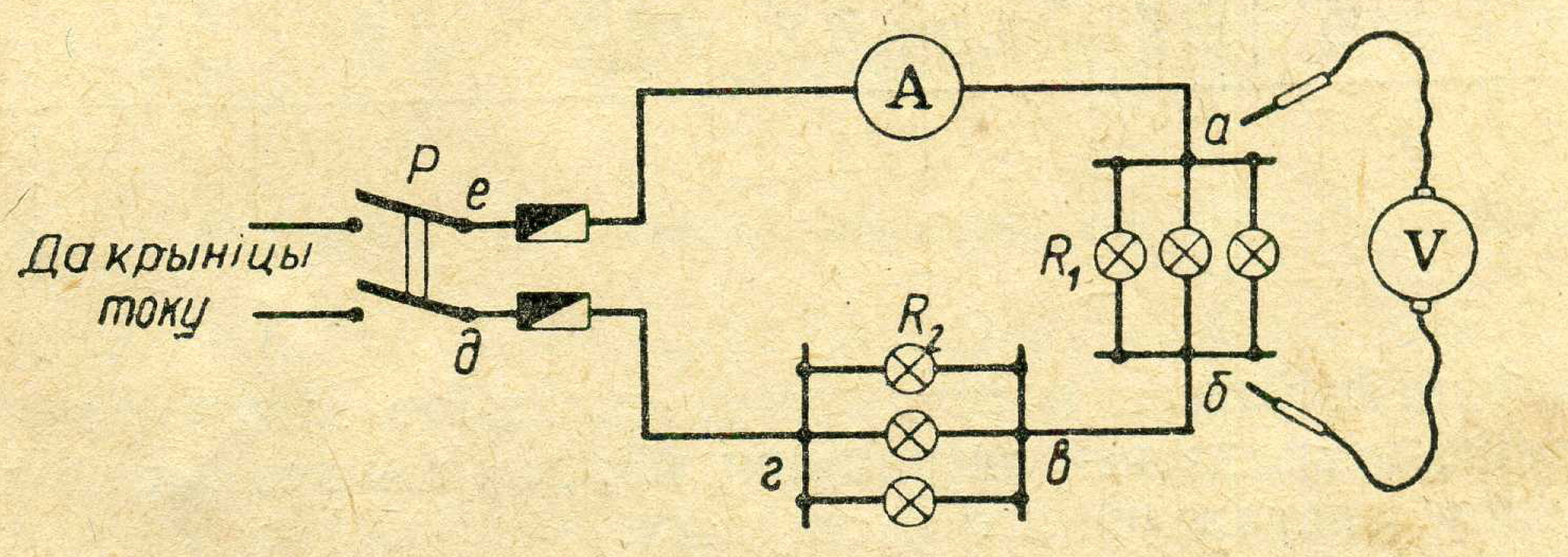
Апісанне схемы вымярэнняў



Рыс. 64. Шкала тэхнічнага электравымяральнага прыбора.

Прынцыповая схема вымярэнняў прыведзена на рысунку 65. Лямпавыя рэастаты R_1 і R_2 злучаны паслядоўна з амперметрам і праз засцерагальнікі далучаны да рубільніка P. Да другіх зажымаў рубільніка падключаюць правады, якія ідуць ад крыніцы току (выпрамляльніка або паніжаючай абмоткі школьнага трансфарматара).

Калі схема сабрана для пастаяннага току, вымярэнні робяць магнітаэлектрычнымі вымяральнымі прыборамі[1]. Амперметр уключаюць у адзін з правадоў ланцуга (паслядоўна), а да вольтметра далучаюць праваднікі са



Рыс. 65. Схема ўключэнняў прыбораў для вымярэнняў.

шчупамі, для таго каб можна было вымяраць напружанне на любым участку ланцуга. Ток для жыўлення апаратуры бяруць ад выпрамляльніка.

Такой жа схемай карыстаюцца для вымярэнняў пераменнага току, але ў ланцуг уключаюць прыборы электрамагнітнай сістэмы. Пры гэтым схему падключаюць да паніжаючай абмоткі школьнага трансфарматара.

Выкананне работы

1. Азнаёмцеся з будовай электравымяральных прыбораў магнітаэлектрычнай і электрамагнітнай сістэм, дадзеных у разабраным выглядзе або на вучэбным шчыце. Вывучыце шляхам агляду будо-

[1] Можна вымяраць і электрамагнітнымі прыборамі, але яны даюць малую дакладнасць.

ву кожнай асобнай дэталі і вызначце яе месца і прызначэнне ў электравымяральным прыборы.

2. Зарысуйце ў сшытку схемы будовы прыбораў кожнай сістэмы, абазначыўшы назву дэталей.

3. Азнаёмцеся з тэхнічнымі электравымяральнымі прыборамі, неабходнымі для вымярэнняў, і шляхам знешняга агляду вызначце: 1) сістэму прыбора, 2) характарыстыку шкалы (раўнамерная або нераўнамерная), 3) цану дзялення, 4) прызначэнне прыбора (для вымярэння якога роду току — пастаяннага або пераменнага — прыбор выкарыстоўваецца), 5) якія электрычныя велічыні можна вымяраць гэтым прыборам (ток або напружанне), 6) межы магчымых вымярэнняў, 7) клас дакладнасці, 8) неабходнае становішча прыбора пры вымярэннях, 9) нумар прыбора і год выпуску.

Даныя аб кожным прыборы запішыце ў сшытак у выглядзе табліцы.

Тэхнічныя характарыстыкі электравымяральных прыбораў

№№ пп.	Сістэма прыбора	Шкала	Цана дзялення шкалы	Для вымярэння якога роду току	Якія велічыні вымярае прыбор	Межы магчымых вымярэнняў	Клас дакладнасці прыбора	Становішча прыбора пры вымярэнні	Год выпуску прыбора

4. Азнаёміўшыся з прыборамі, складзіце электрычны ланцуг па схеме, прыведзенай на рысунку 65, для вымярэння на пастаянным току і пакажыце яго настаўніку.

5. Атрымаўшы дазвол настаўніка, зрабіце неабходныя вымярэнні. Для гэтага ў кожным лямпавым рэастаце пакіньце 2—3 лямпы. Стрэлкі вымяральных прыбораў, павёртваючы адвёрткай вінты карэктараў, устанавіце на 0. Рубільнікам уключыце ў ланцуг ток ад выхадных зажымаў выпрамляльніка.

6. Запішыце паказанні амперметра. Падключаючыся шчупамі вольтметра да пунктаў *а* і *б*, *в* і *г*, *а* і *г*, вымерайце напружанне на гэтых участках. Рэзультаты вымярэнняў запішыце ў сшытак.

7. Павялічце нагрузку, уключыўшы яшчэ некалькі лямп у кожны з рэастатаў (колькасць лямп у кожным рэастаце павінна быць рознай). Паўтарыце ўсе вымярэнні, указаныя ў пункце 6.

8. Закончыўшы вымярэнні на пастаянным току, выключыце рубільнік і замяніце ў ланцугу прыборы. Замест прыбораў магнітаэлектрычнай сістэмы ўключыце прыборы электрамагнітнай сістэмы. Далучыце да зажымаў рубільніка крыніцу пераменнага току — утарычную абмотку трансфарматара — і зрабіце ўсе вымярэнні гэтак жа, як выконвалася на пастаянным току.

9. Скончыўшы ўсе вымярэнні, выключыце рубільнік і трансфарматар. Разбярыце схему і раскладзіце прыборы на рабочым стале ў тым парадку, у якім яны былі ў пачатку работы.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Схемы прыбораў і кароткае апісанне іх.
3. Схема ўключэння прыбораў і кароткае апісанне яе.
4. Рэзультаты вымярэнняў і вывады.

Кантрольныя пытанні

1. Якія асноўныя звесткі аб прыборы даюцца на яго шкале?
2. Якія супакойвальнікі ўжыты ў разгледжаных вамі прыборах?
3. Як выконваецца ўстаноўка стрэлкі на 0?
4. Якімі прыборамі можна вымяраць пастаянны ток і якімі — пераменны?
5. Якія існуюць канструкцыі электравымяральных прыбораў у залежнасці ад спосабу іх мантажу?
6. Як уключаецца амперметр у вымяраемы ланцуг і чым гэта тлумачыцца?
7. Як уключаюць у ланцуг вольтметр? Чаму?

Работа 8. **Праверка тэхнічнага амперметра або вольтметра**

Мэта работы. Навучыцца складваць электрычныя ланцугі з уключэннем электравымяральных прыбораў і правяраць электравымяральныя прыборы шляхам параўнання з дакладнымі прыборамі больш высокага класа.

Прыборы і абсталяванне: 1) тэхнічны амперметр або вольтметр, 2) узорны (дакладны) амперметр або дакладны вольтметр з тымі ж шкаламі, што і тэхнічныя прыборы, 3) лямпавы рэастат, 4) паўзунковы рэастат на супраціўленне «   » *ом* і ток «   » *а* (вызначае настаўнік), 5) патэнцыёметр паўзунковы з супраціўленнем 500 *ом*, на ток ад 0,3 да 1,0 *а*, 6) двухполюсны рубільнік з засцерагальнікамі, зманціраваны на невялікай падстаўцы з вываднымі зажымамі, 7) выпрамляльнік для праверкі прыбораў магнітаэлектрычнай (можна і электрамагнітнай) сістэмы або лабараторны аўтатрансфарматар ЛАТР-1 для праверкі прыбораў электрамагнітнай сістэмы, 8) злучальныя правады.

Тэарэтычныя звесткі

Ва ўсіх электравымяральных прыборах у працэсе іх работы з часам зношваюцца керны восей, падпятнікі і іншыя дэталі. Таму правільнасць паказанняў электравымяральных прыбораў паступова,

а часам раптоўна парушаецца. Далейшае карыстанне такім прыборам прыводзіць да недапушчальных памылак. Таму электравымяральныя прыборы перыядычна правяраюцца шляхам параўнання іх паказанняў з паказаннямі дакладных (узорных або эталонных) прыбораў.

Эталонныя прыборы павінны быць больш высокага класа, чым правяраемыя прыборы. Звычайна ў якасці эталонных прыбораў бяруць прыборы з класам дакладнасці 0,2 або 0,5.

Пагрэшнасць у паказаннях правяраемага (выпрабавальнага) прыбора не павінна перавышаць пэўнай велічыні, якая залежыць ад ступені дакладнасці прыбора. Пагрэшнасці адрозніваюць абсалютныя і адносныя.

Абсалютная пагрэшнасць ΔA вызначаецца як розпасць паміж велічынёй паказання правяраемага прыбора $A_п$ і сапраўдным значэннем вымяраемай велічыні $A_с$. За сапраўднае значэнне прымаюцца паказанні ўзорнага прыбора

$$\Delta A = A_п - A_с.$$

Абсалютная пагрэшнасць, узятая са зваротным знакам, з'яўляецца папраўкай δA;

$$\delta A = -\Delta A.$$

Для таго каб меркаваць аб ступені дакладнасці выпрабавальнага прыбора, неабходна ведаць адносную прыведзеную пагрэшнасць $\gamma_п$ (грэчаская літара «гама»). Яна вылічваецца, як адносіна абсалютнай пагрэшнасці ΔA да намінальнага значэння выпрабавальнага прыбора $A_н$ і выражаецца ў працэнтах:

$$\gamma_п\% = \frac{\Delta A}{A_н} \cdot 100.$$

Прыборам можна карыстацца, калі велічыня найбольшай адноснай прыведзенай пагрэшнасці будзе роўна або менш класа дакладнасці правяраемага прыбора.

Апісанне схемы вымярэння

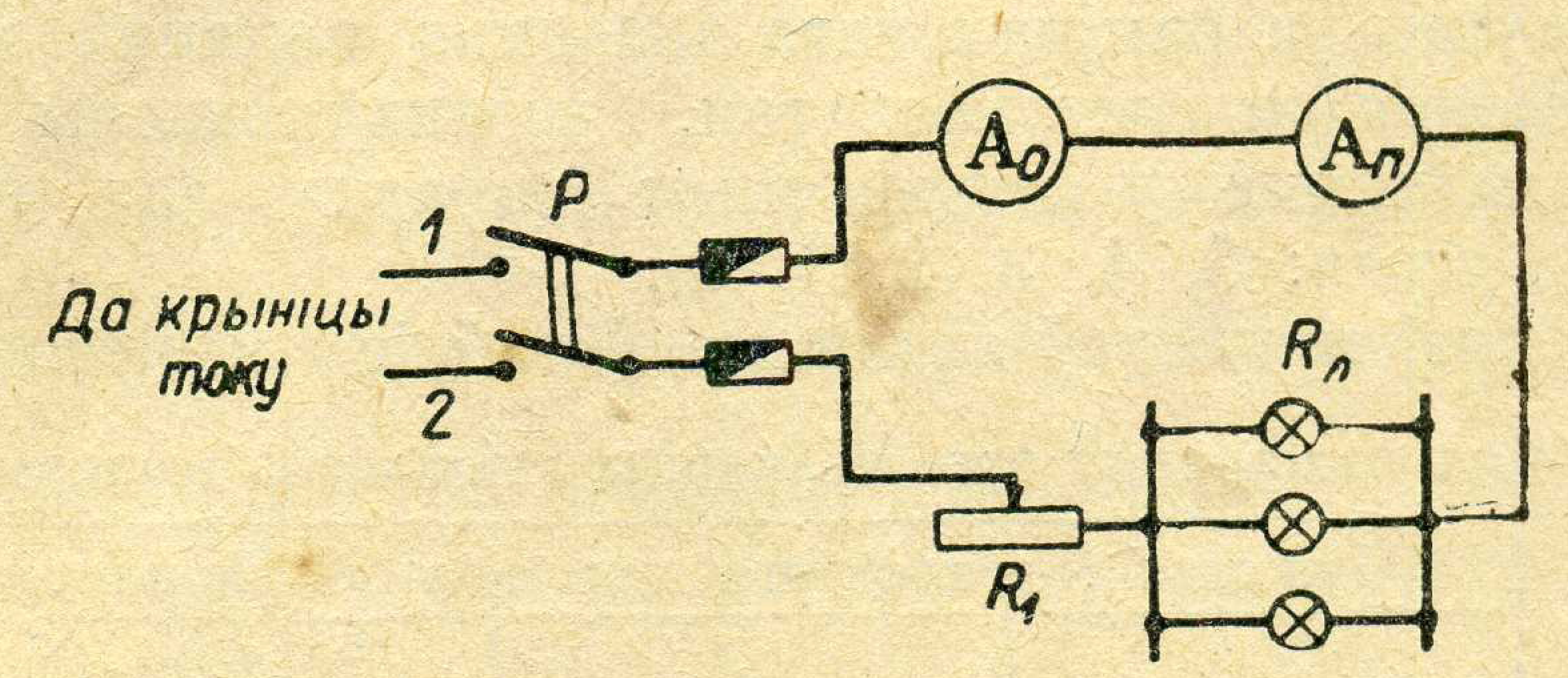
Уся апаратура для праверкі тэхнічнага амперметра, уключаючы эталонны амперметр, злучаецца паміж сабой па схеме, прыведзенай на рысунку 66.

Неабходная велічыня току ў ланцугу ўстанаўліваецца двума рэастатамі.

Лямпавы рэастат служыць для ўстаноўкі велічыні току ў ланцугу, блізкай да неабходнай, а паўзунковы — для дакладнай рэгуліроўкі.

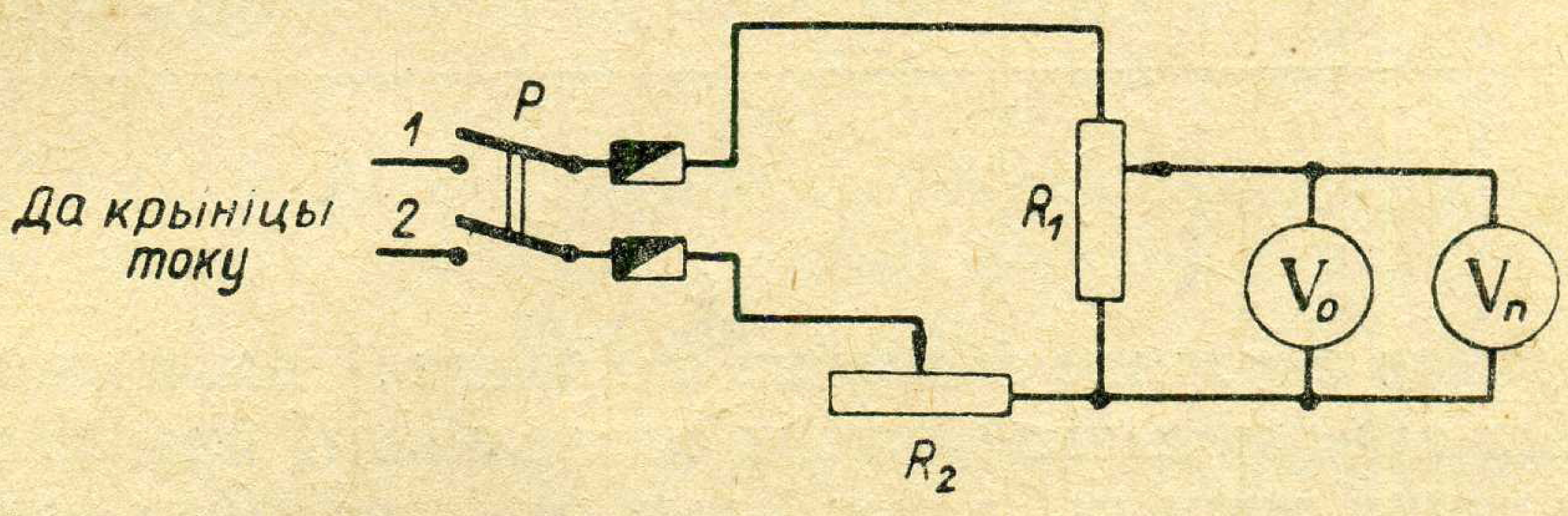
Пры праверцы тэхнічнага вольтметра злучэнне выконваецца па схеме, прыведзенай на рысунку 67. Патэнцыёметр R_1 служыць для грубой устаноўкі напружання.

Паўзунковы рэастат R_2 прызначаецца для дакладнай рэгуліроўкі напружання.



Рыс. 66. Схема для праверкі тэхнічнага амперметра.

Правады ад крыніцы току падключаюцца да пунктаў *1* і *2* схем праз засцерагальнікі.



Рыс. 67. Схема для праверкі тэхнічнага вольтметра.

Выкананне работы

1. Работа выконваецца па аднаму з варыянтаў, указанаму настаўнікам: праверка тэхнічнага амперметра або праверка тэхнічнага вольтметра.

Атрымаўшы заданне і прыборы, азнаёмцеся з іх данымі: межамі вымярэнняў, цаной дзялення, класам дакладнасці прыбора, супраціўленнямі рэастатаў і патэнцыёметра, велічынёй току, на які яны разлічаны. Вызначце адпаведнасць з данымі крыніцы току.

2. Зрабіце злучэнні прыбораў у адпаведнасці са схемай. Праверце ўстаноўку стрэлак прыбора на нуль.

3. Сабраўшы схему, пакажыце яе для праверкі настаўніку. Атрымаўшы ў яго дазвол, зрабіце праверку прыбора.

4. Пры праверцы тэхнічнага амперметра па схеме, прыведзенай на рысунку 66, спачатку ўвядзіце цалкам супраціўленне рэастата R_1, а ў лямпавым рэастаце ўкруціце адну лямпу малой магутнасці.

5. Уключыце рубільнік P і павялічвайце ток укручваннем лямп да таго часу, пакуль стрэлка выпрабавальнага прыбора не наблізіцца да першага асноўнага дзялення шкалы, напрыклад да 1. Падрэгулюйце ток у ланцугу рэастатам так, каб стрэлка ўстанавілася дакладна на гэтым дзяленні.

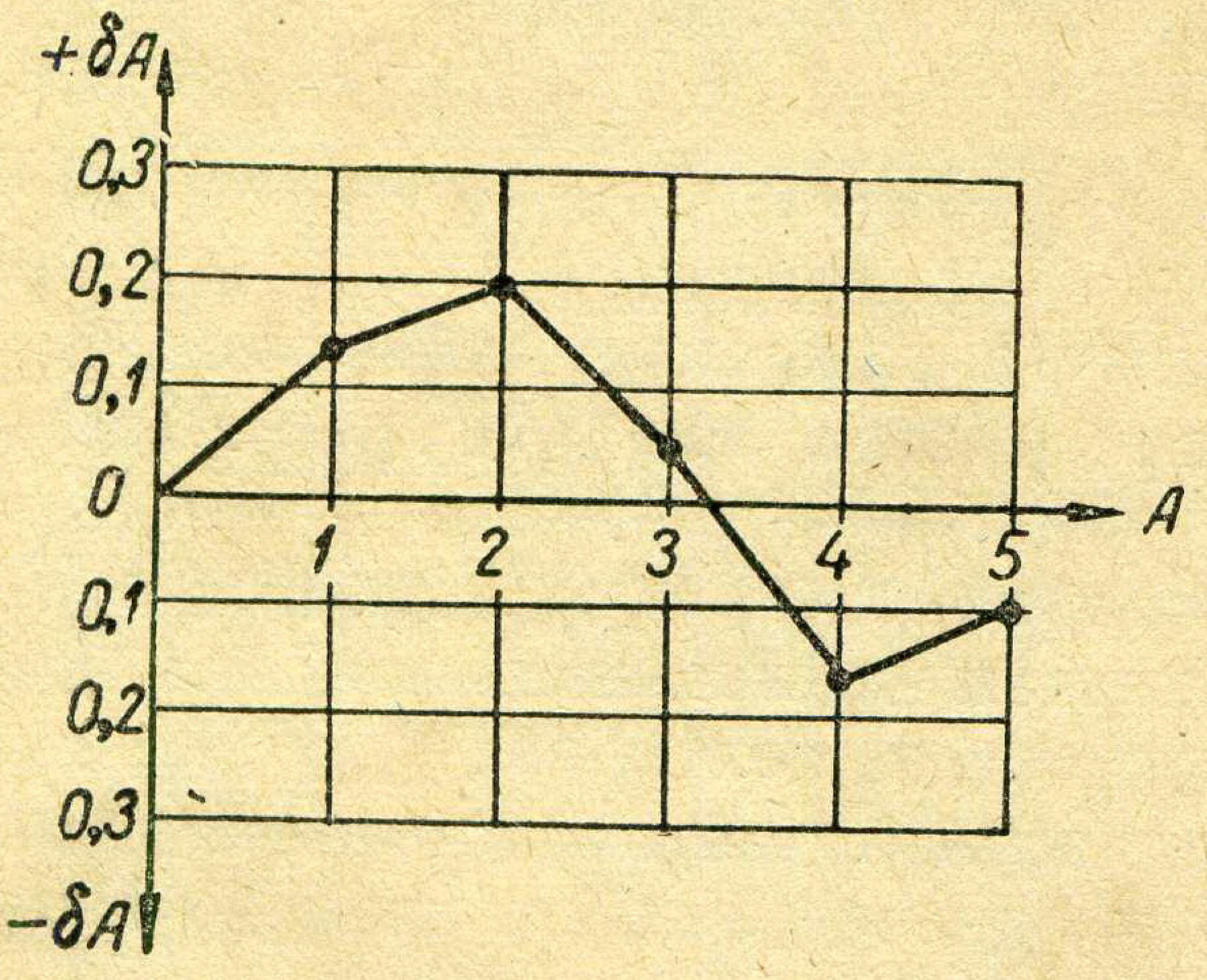
6. У такім жа парадку зрабіце ўстаноўку стрэлкі выпрабавальнага прыбора на ўсіх наступных асноўных дзяленнях шкалы (на 2, 3, 4, 5). Нагрузку павялічвайце па магчымасці плаўна, без скачкоў. Дайшоўшы да намінальнага значэння верхняй мяжы вымярэнняў, паменшыце паступова ток, устанаўліваючы стрэлку на асноўных дзяленнях у адваротным парадку (ад намінальнага значэння да нуля: 5, 4, 3, 2, 1, 0).

7. Паказанні прыбораў запішыце ў табліцу назіранняў.

Табліца назіранняў пры праверцы тэхнічнага амперметра

№ назіранняў	Паказанні правяраемага прыбора	Паказанні эталоннага прыбора: Пры павелічэнні току		Паказанні эталоннага прыбора: Пры памяншэнні току		Паказанні эталоннага прыбора: Сярэдняе значэнне	Пагрэшнасць: Абсалютная ΔA	Пагрэшнасць: Адносная γ	Папраўка $\delta A = -\Delta A$
	Ток *а*	Лік дзяленняў	Ток *а*	Лік дзяленняў	Ток *а*	Ток *а*	*а*	%	*а*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

8. Вылічыце сярэдняе значэнне паказанняў эталоннага прыбора як сярэдняе арыфметычнае паміж паказаннямі пры павелічэнні і пры памяншэнні току на адных і тых жа дзяленнях выпрабавальнага прыбора. Пасля гэтага вылічыце абсалютную пагрэшнасць, адносную прыведзеную пагрэшнасць і папраўку для выпрабавальнага прыбора. Рэзультаты таксама запішыце ў табліцу.



Рыс. 68. Прыкладны графік папраўак да тэхнічнага амперметра.

9. На аснове даных табліцы пабудуйце графік папраўак да амперметра. Прыкладны выгляд графіка дадзен на рысунку 68. Па найбольшаму значэнню адноснай прыведзенай пагрэшнасці зрабіце заключэнне аб адпаведнасці выпрабавальнага прыбора класу, дадзенаму на яго шкале.

Пры праверцы вольтметра неабходна скласці аналагічную табліцу і графік.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Схема ўключэння прыбораў для праверкі.

3. Табліца рэзультатаў вымярэнняў.
4. Графік паправак.
5. Вывады аб адпаведнасці правяраемага прыбора класу, дадзенаму на яго шкале.

Кантрольныя пытанні

1. Для чаго правяраюць паказанні тэхнічных электравымяральных прыбораў?
2 Як уключаюцца для праверкі амперметры і вольтметры?
3. Якія віды пагрэшнасцей вызначаюць у электравымяральных прыбораў?
4. Як правяраюцца тэхнічны амперметр або вольтметр?
5. Як знаходзяць абсалютную і прыведзеную адносную пагрэшнасць?
6. Што такое папраўка?
7. Як вызначаецца адпаведнасць тэхнічнага электравымяральнага прыбора класу, абазначанаму на яго шкале?

Работа 9. **Зборка найпрасцейшага універсальнага вымяральнага прыбора. Падбор шунтоў і дадатковых супраціўленняў**

Мэта работы. Азнаёміцца з элементарнымі разлікамі шунтоў і дадатковых супраціўленняў. Сабраць найпрасцейшы універсальны электравымяральны прыбор, падабраць да яго шунт і дадатковае супраціўленне.

Прыборы і абсталяванне: 1) універсальны дэманстрацыйны гальванометр (школьны), 2) пераключальнік на два становішчы, 3) шунт (велічыню вызначаюць па разліку), 4) дадатковае супраціўленне (велічыню вызначаюць па разліку), 5) лямпавы рэастат на ток да 1 *а*[1], 6) злучальныя праваднікі, 7) газатронны выпрамляльнік (школьны) з напружаннем 24 *в* на ток 6 *а*[1].

Тэарэтычныя звесткі

Універсальныя вымяральныя прыборы, якія ўжываюцца для тэхнічных вымярэнняў, даюць магчымасць вымяраць ток, напружанне і супраціўленне. Для кожнага роду вымярэнняў робіцца адпаведнае ўключэнне прыбораў пры дапамозе пераключальніка, зажымаў або гнёздаў. Такія прыборы называюцца авометрамі (вымярэнне току ў *а*, напружання ў *в*, супраціўлення ў *ом*).

Найпрасцейшы універсальны прыбор для вымярэння току і напружання складаецца з гальванометра, шунта і дадатковага су-

[1] Крыніца жыўлення, яе выхадныя даныя і даныя лямпавага рэастата могуць быць зменены.

праціўлення; велічыню супраціўлення шунта вызначаюць па такой формуле:

$$R_ш = \frac{R_п}{P - 1},$$

дзе $R_ш$ — супраціўленне шунта ў *ом*, $R_п$ — супраціўленне прыбора ў *ом*, P — шунціруючы множнік. Яго знаходзяць, як адносіну найбольшага току J, які неабходна вымяраць шунціраваным прыборам да намінальнага значэння току вымяральнага прыбору $J_п$ (без шунта): $P = \frac{J}{J_п}$.

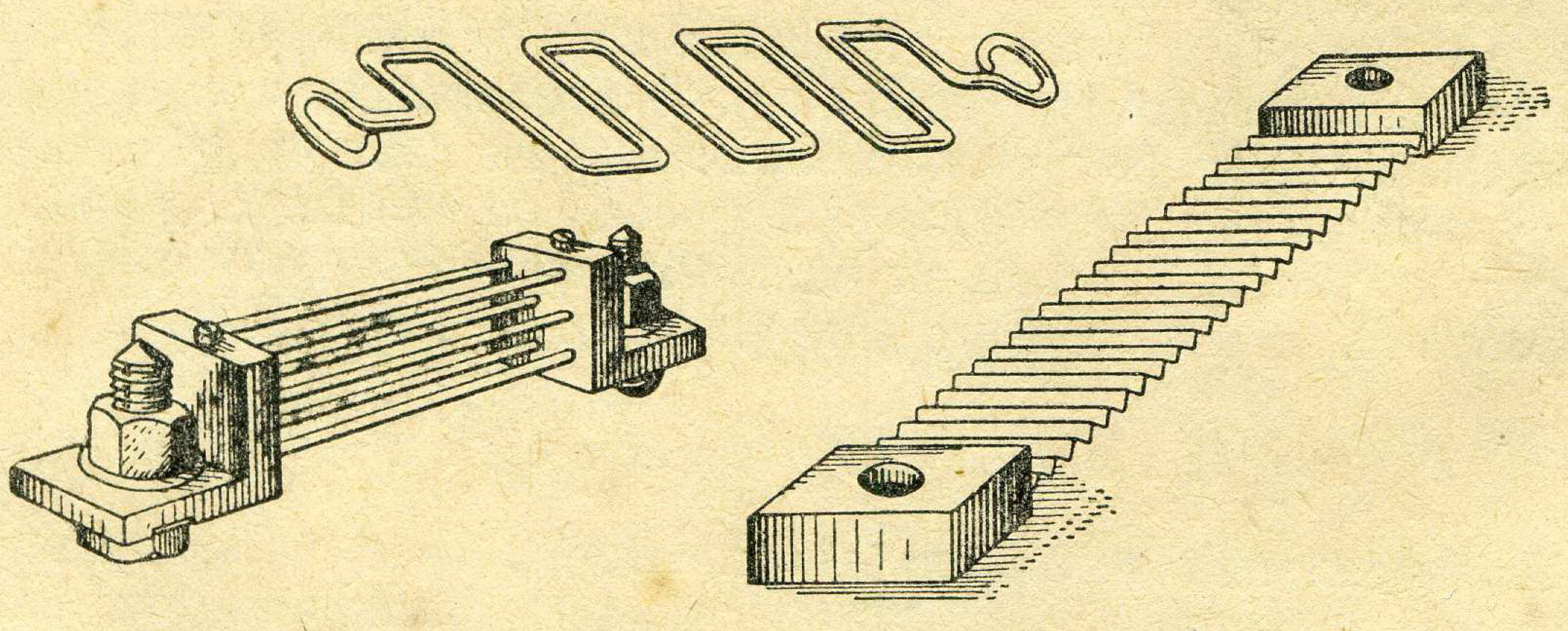
Напрыклад, неабходна вылічыць супраціўленне шунта да прыбора з унутраным супраціўленнем $R_п = 20$ *ом* і намінальным токам $J_п = 10$ *ма*, для таго каб можна было вымяраць гэтым прыборам ток да 1 *а*. Знаходзім шунціруючы множнік:

$$P = \frac{J}{J_п} = \frac{1}{0{,}01} = 100.$$

Падставім гэтае значэнне ў разліковую формулу шунта, знаходзім велічыню яго супраціўлення:

$$R_ш = \frac{R_п}{P - 1} = \frac{20}{100} = 0{,}22\ ом.$$

Канструкцыі шунтоў прыведзены на рысунку 69. Яны вырабляюцца з манганінавага дроту або з манганіна ў выглядзе стужкі або стрыжня.



Рыс. 69. Розныя віды шунтоў.

Велічыню дадатковага супраціўлення вызначаюць па формуле:

$$R_д = R_п\ (P_в - 1);$$

дзе $R_д$ — велічыня дадатковага супраціўлення ў *ом*, $R_п$ — велічыня ўнутранага супраціўлення прыбора ў *ом*, $P_в$ — множнік расшырэння мяжы вымярэння прыбора па напружанню. Ён ровен адносі-

не велічыні напружання U, якую павінен вымяраць вольтметр, да велічыні намінальнага значэння напружання прыбора $U_п$:

$$P_в = \frac{U}{U_п}.$$

Напрыклад, неабходна разлічыць велічыню дадатковага супраціўлення для прыбора з данымі, прыведзенымі вышэй. Прыбор павінен вымяраць напружанне да 10 *в*. Па намінальнаму току $J_п = 10$ *ма* і яго ўнутранаму супраціўленню $R_п = 20$ *ом* знаходзім намінальнае напружанне прыбора:

$$U_п = J_п \cdot R_п = 0{,}01 \cdot 20 = 0{,}2 \ в.$$

Затым вызначаем множнік $P_в$:

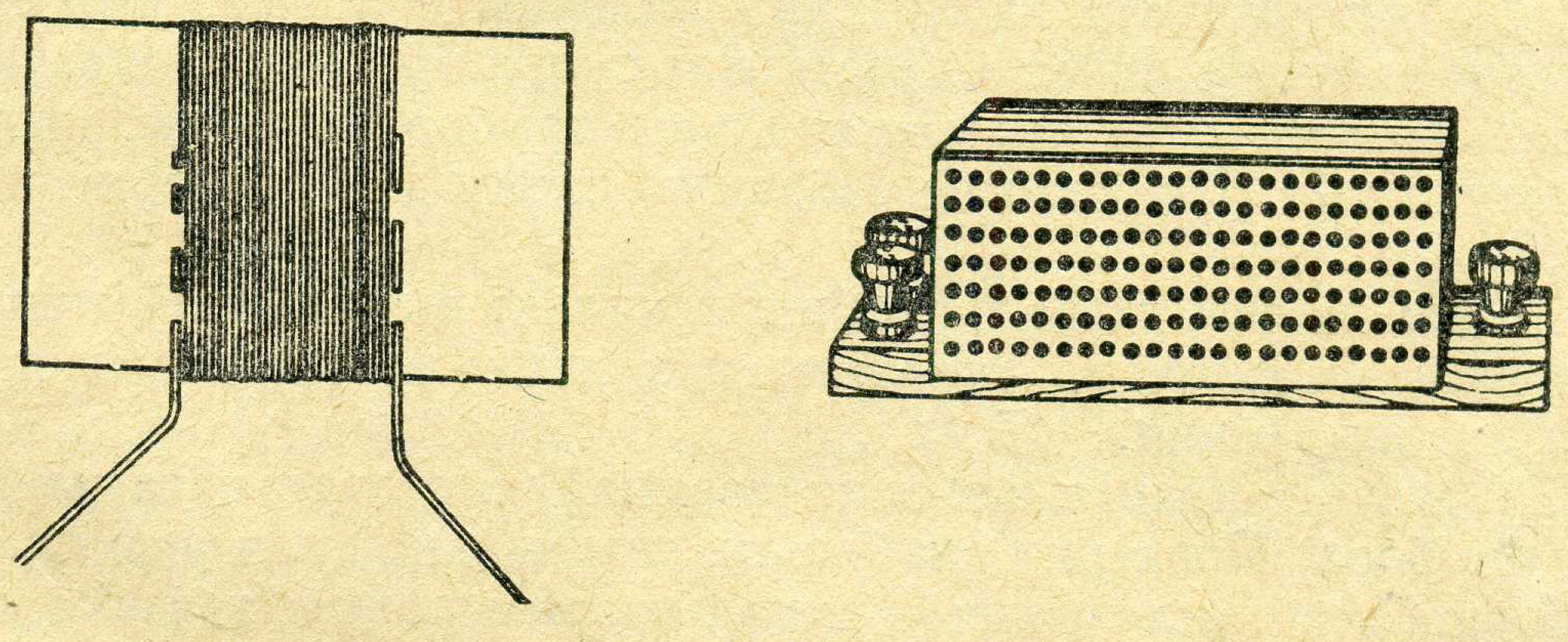
$$P_в = \frac{U}{U_п} = \frac{10}{0{,}02} = 50.$$

Па гэтых даных разлічваем велічыню дадатковага супраціўлення:

$$R_д = R_п \ (P_в - 1) = 20 \ (50 - 1) = 980 \ ом.$$

Дадатковыя супраціўленні намотваюцца з манганінавага ізаляванага дроту на каркас з ізалюючага матэрыялу.

Канструкцыі дадатковых супраціўленняў паказаны на рысунку 70.



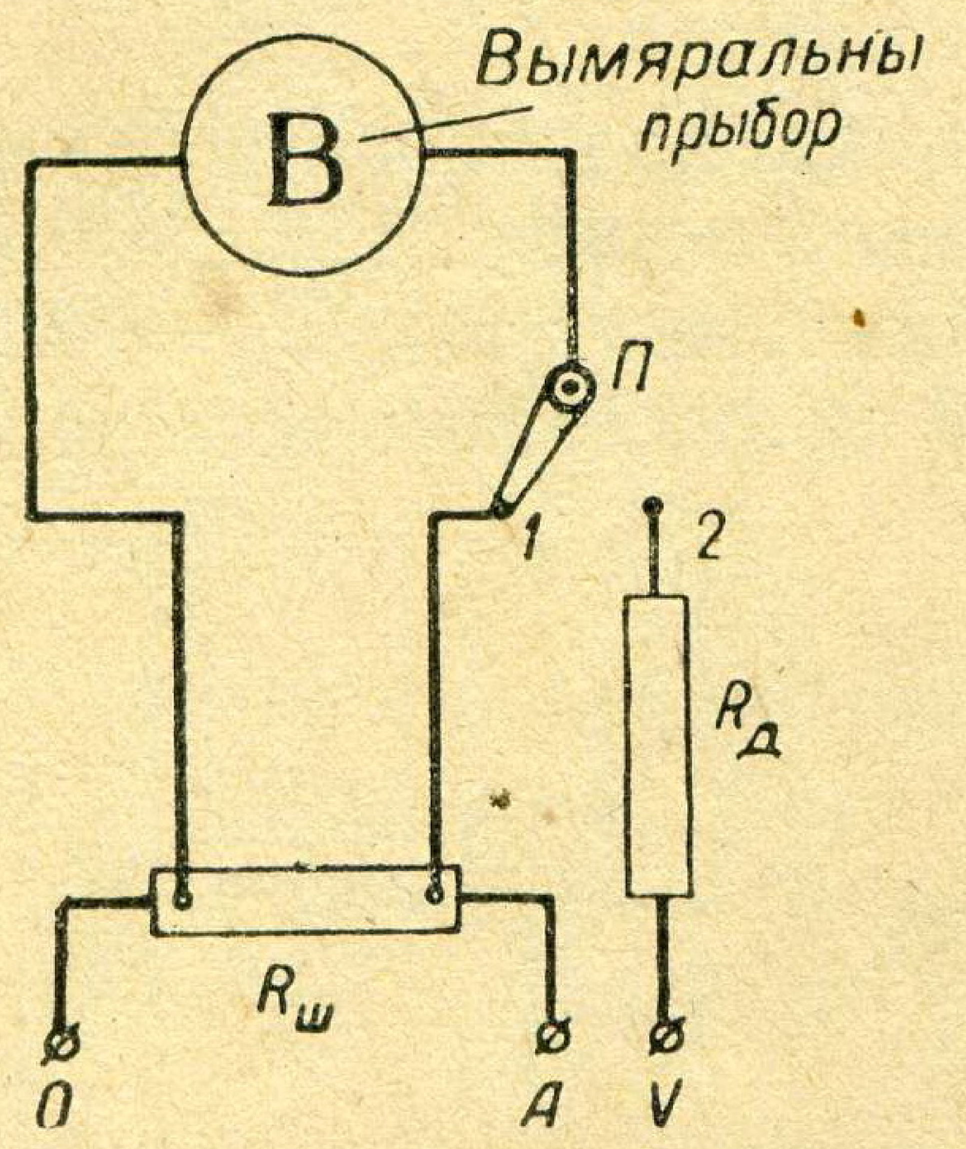
Рыс. 70. Дадатковыя супраціўленні.

Апісанне схемы найпрасцейшага універсальнага вымяральнага прыбора

Схема найпрасцейшага універсальнага вымяральнага прыбора дадзена на рысунку 71. Адзін з зажымаў вымяральнага механізма далучаецца да шунта $R_ш$, падключанага да агульнага зажыма універсальнага прыбора 0. Другі зажым вымяральнага механізма злучан з паўзунком пераключальніка *П*, які мае два кантакты. Кантакт *1* падключаецца да свабоднага канца шунта $R_ш$ і адначасова да зажыма *А* універсальнага прыбора. Паміж другім кантактам

пераключальніка 2 і другім зажымам V універсальнага прыбора ўключаецца дадатковае супраціўленне $R_д$.

Для вымярэння току універсальны прыбор уключаецца ў вымяраемы ланцуг пры дапамозе зажымаў 0—А. Пераключальнік $П$ устанаўліваецца на кантакт 1. Пры вымярэнні напружання вымяраемы ланцуг далучаецца да зажымаў 0 — V, а пераключальнік устанаўліваецца на кантакт 2.



Рыс. 71. Схема найпрасцейшага універсальнага вымяральнага прыбора.

Выкананне работы

1. Дэталёва азнаёмцеся са схемай найпрасцейшага універсальнага вымяральнага прыбора (рыс. 71) для вымярэння току і напружання. Атрымаўшы ад настаўніка вымяральны механізм, высветліце яго электрычныя даныя: ток поўнага адхілення стрэлкі $J_п$ (намінальны ток), унутранае супраціўленне прыбора $R_п$ або яго намінальнае напружанне $U_п$.

2. Па гэтых даных разлічыце велічыню супраціўлення шунта да вымяральнага механізма для вымярэння току $J = 1$ *а* і велічыню дадатковага супраціўлення для вымярэння напружання да $U = 10$ *в*.

3. Па рэзультатах вылічэнняў падбярыце з тых, што ёсць у фізічным кабінеце, шунт і дадатковае супраціўленне. Збярыце найпрасцейшы універсальны вымяральны прыбор па схеме, дадзенай на рысунку 71, і пакажыце сабраную схему для праверкі настаўніку.

4. Атрымаўшы дазвол, зрабіце некалькі вымярэнняў току і напружання ў ланцугу, складзеным з двух лямпавых рэастатаў і крыніцы жыўлення.

5. Праверце правільнасць паказанняў універсальнага вымяральнага прыбора. Праверку зрабіце па намінальнай адзнацы на шкале прыбора. Схема ўключэння і методыка вымярэння такія ж, як пры праверцы тэхнічных вымяральных прыбораў (гл. работу 8), але толькі правяраецца адно крайняе паказанне прыбора. Калі акажацца, што шунт або дадатковае супраціўленне падабраны няправільна, вызначце, у які бок дапушчана памылка. Калі стрэлка не даходзіць да намінальнага дзялення ў параўнанні з кантрольным прыборам, значыць, супраціўленне шунта малое (пры ўключэнні амперметрам) або дадатковае супраціўленне вялікае (пры ўключэнні вольтметрам). Пры пераходзе стрэлкі за намінальнае дзяленне супраціўленне шунта вялікае або дадатковае супраціўленне малое. Ва ўсіх выпадках неабходна змяняць велічыню супраціўлення шунта або дадатковага супраціўлення да поўнага супадзення паказанняў выпрабавальнага і кантрольнага прыбора.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Схема найпрасцейшага універсальнага вымяральнага прыбора.
3. Разлік шунта і дадатковага супраціўлення.
4. Кароткая характарыстыка прыбора, вывады аб магчымасці яго выкарыстання.

Кантрольныя пытанні

1. Які вымяральны прыбор называюць універсальным?
2. Як уключаецца шунт і дадатковае супраціўленне ва універсальным вымяральным прыборы адносна яго вымяральнага механізма?
3. Для чаго далучаюць шунт да вымяральнага прыбора?
4. Для чаго далучаюць дадатковае супраціўленне да вымяральнага прыбора?
5. Як праверыць правільнасць паказанняў прыбора з шунтам і з дадатковым супраціўленнем?

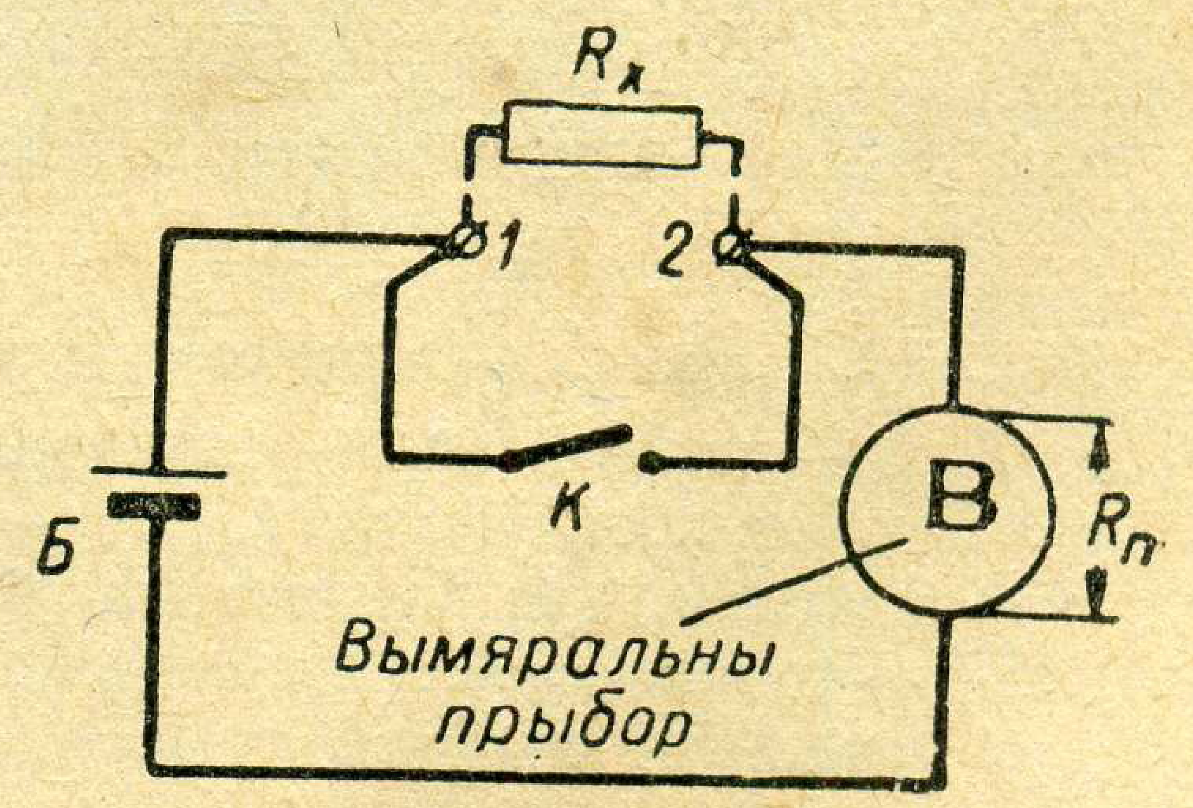
Работа 10. **Вымярэнне электрычных супраціўленняў омметрам**

Мэта работы. Вывучыць будову омметра і навучыцца вымяраць супраціўленні гэтым прыборам.

Прыборы і абсталяванне: 1) омметр тыпу М-471 (або М-57), 2) супраціўленні розных велічынь, якія ўжываюцца ў радыёапаратуры (або падобныя да іх іншыя) — 6 шт., 3) злучальныя праваднікі.

Тэарэтычныя звесткі

Для тэхнічных вымярэнняў супраціўленняў, якія не патрабуюць вялікай дакладнасці, ужываюцца омметры. Гэтыя прыборы даюць магчымасць вызначыць велічыню вымяраемага супраціўлення непасрэдным адлікам па шкале падобна да прыбораў, якія вымяраюць ток.



Рыс. 72. Схема омметра.

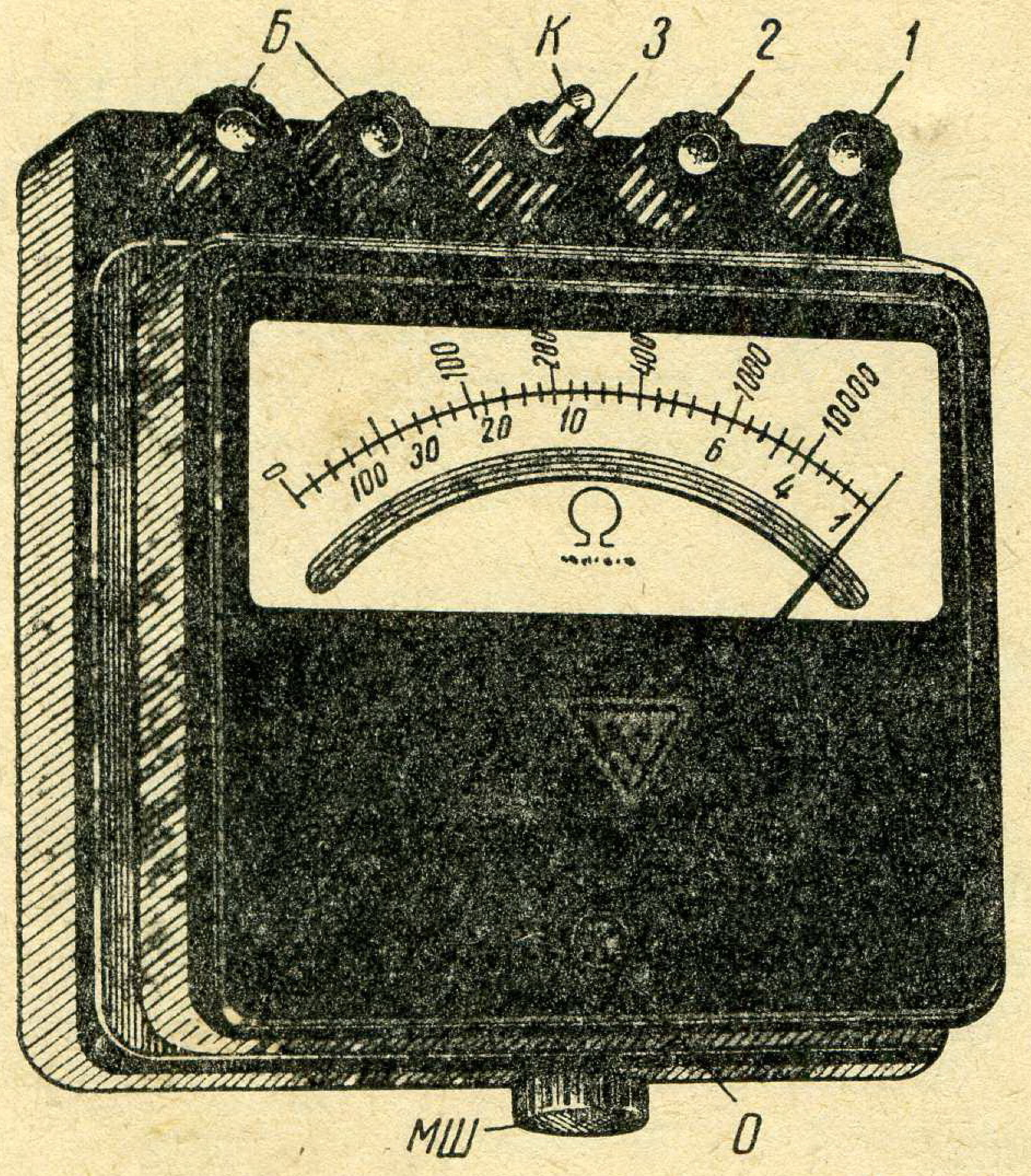
Прынцып дзеяння омметра можна зразумець, разгледзеўшы схему, дадзеную на рысунку 72. Вымяраемае супраціўленне R_x уключана ў ланцуг крыніцы току *Б* паслядоўна з магнітаэлектрычным прыборам *В*, які ўладае супраціўленнем $R_п$. Пры замыканні ключа *К* стрэлка прыбора адхіліцца на ўсю шкалу. У гэтым месцы на шкале ставяць 0, паколькі невядомае супраціўленне $R_x = 0$ (ключом

К супраціўленне закарочана). Калі ж ключ *К* разамкнуць і да зажымаў *1—2* не падключыць супраціўлення R_x, току ў ланцугу не будзе і стрэлка прыбора будзе знаходзіцца ў сваім першапачатковым становішчы. Тут жа на шкале будзе адзнака «бясконцасць»— ∞ (R_x бясконца вялікае — абрыў ланцуга).

Значыць, розным значэнням супраціўлення R_x, падключаемага да зажымаў *1—2*, адпавядаюць розныя вуглы адхілення стрэлкі прыбора. Падключаючы эталонныя супраціўленні да зажымаў *1—2*, шкалу прыбора можна працградуіраваць пры пастаянным напружанні крыніцы току *Б* непасрэдна ў омах.

Апісанне будовы прыбора

Омметр для тэхнічных вымярэнняў тыпу М-471 паказан на рысунку 73. Гэта двухмежавы вымяральны прыбор з люстранай шкалой. Прамысловасцю выпускаюцца омметры М-471 для розных межаў вымярэнняў: 10/1000 *ом*; 100/10 000 *ом*; 1000/100 000 *ом* і 100 000/10 *мгом*. Вымяральны механізм омметра *В* (рыс. 74) злучан паслядоўна з дадатковым супраціўленнем *r* (каля 6 *ом*). У схеме прыбора ёсць яшчэ адно дадатковае супраціўленне *r* (240 *ом*), уключанае паслядоўна да крыніцы току.



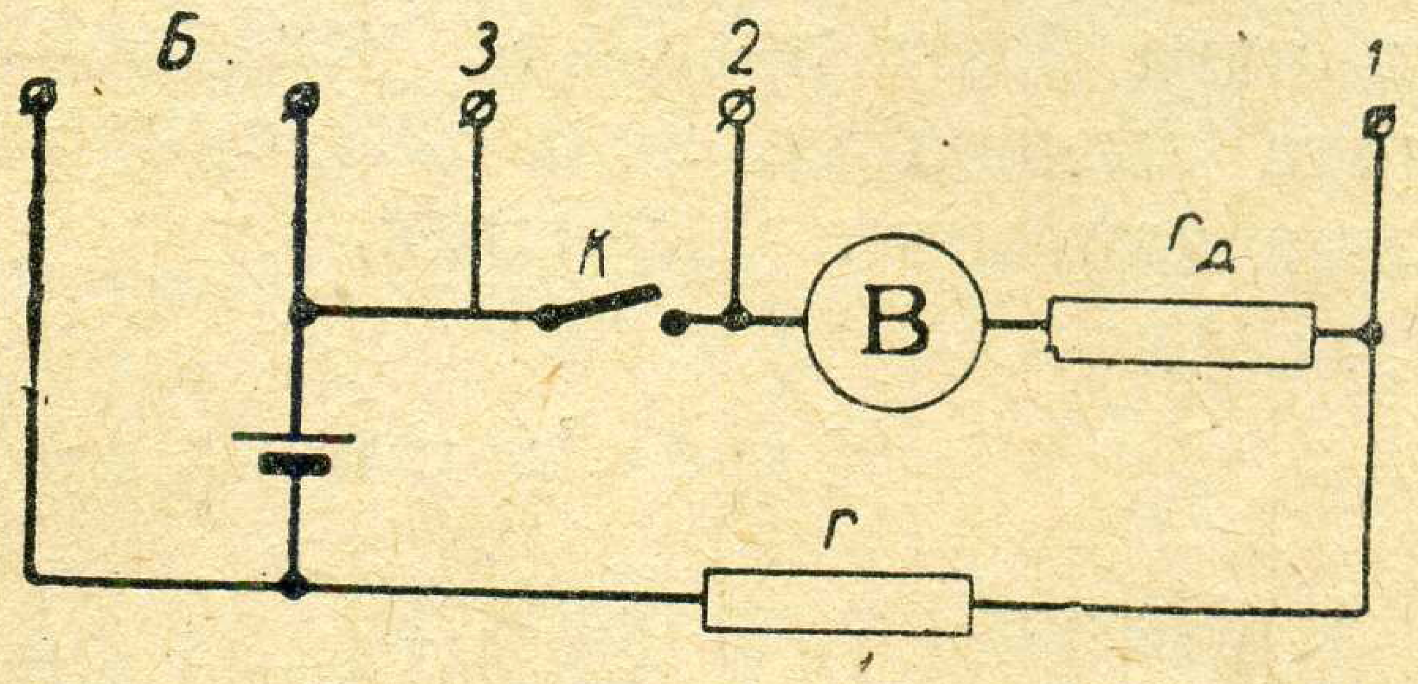
Рыс. 73. Знешні выгляд омметра М-471: *1, 2, 3* — зажымы для ўключэння вымяраемых супраціўленняў, *К* — кнопка, *Б* — зажымы для ўключэння батарэйкі, *МШ* — ручка магнітнага шунта, *0* — вінт для ўстаноўкі стрэлкі прыбора на нуль.

Пры вымярэнні па першай шкале невядомае супраціўленне далучаюць да зажымаў *1—2* (паралельна вымяральнаму механізму, злучанаму з дадатковым супраціўленнем). Адлік робяць па ніжняй частцы шкалы пры націснутай кнопцы *К*. Пры вымярэннях па другой шкале вымярэнні ажыццяўляюць пры апушчанай кнопцы *К* і вымяраемае супраціўленне далучаюць да зажымаў *3—2* і адлік робяць па верхняй частцы шкалы. Пры гэтым невядомыя супраціўленні, вымяральны механізм *В*, дадатковыя супраціўленні $r_д$ і *r* будуць злучаны паслядоўна з крыніцай току.

Для ўстаноўкі стрэлкі прыбора на 0 па ніжняй шкале карыстаюцца карэктарам, які ёсць на верхняй накрыўцы корпуса прыбора. Для ўстаноўкі 0 па верхняй шкале ёсць магнітны шунт, кіруемы

рукаяткай МШ, і ўстаноўка нуля робіцца пры націснутай кнопцы *К*. Верхнія і ніжнія шкалы з'яўляюцца адваротнымі адна другой.

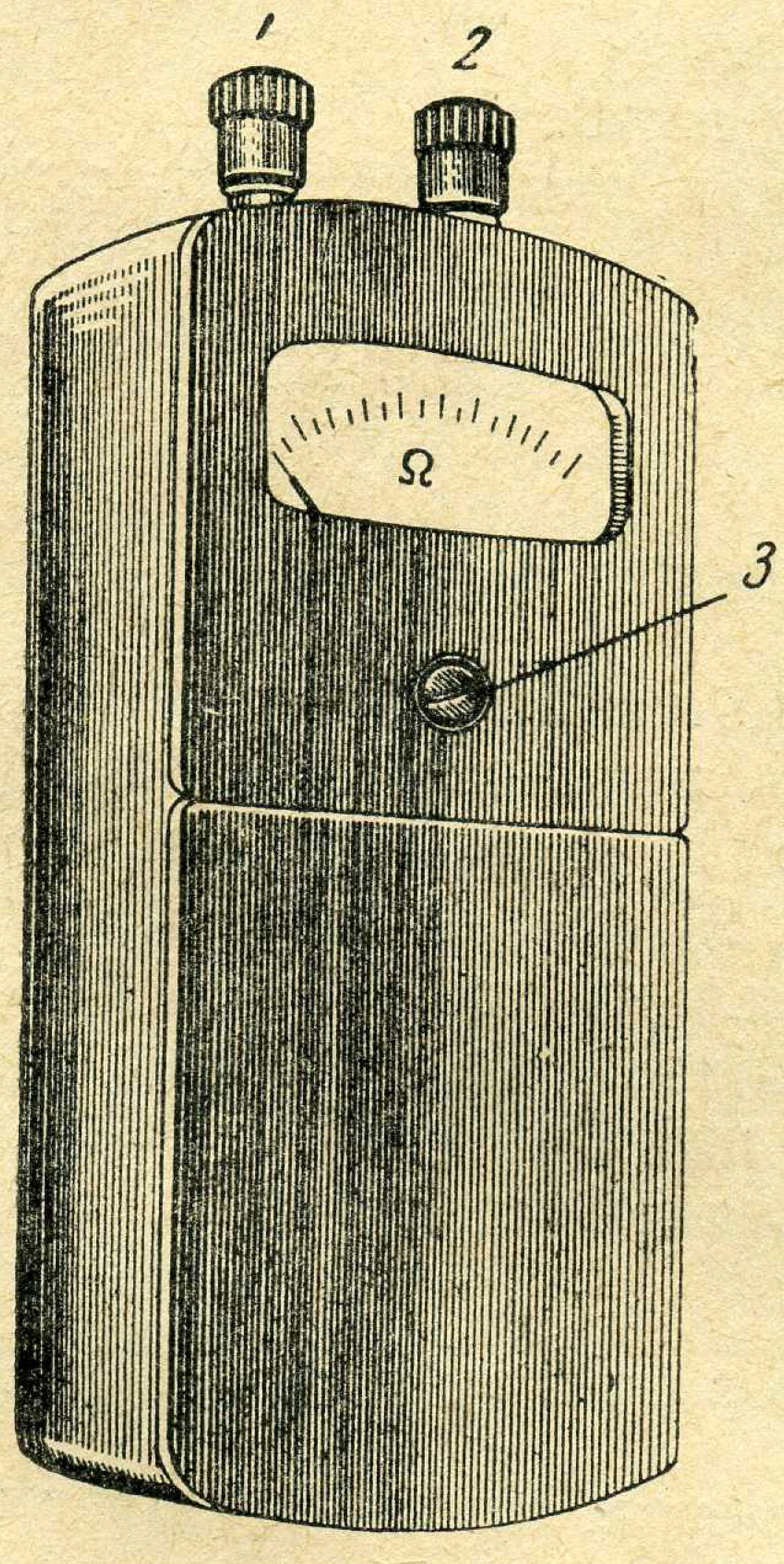
Прыбор жывіцца ад аднаго сухога элемента (паменшанага размеру), укладзенага ўнутр з тылавога боку і закрытага пласцінкай з гетынакса. Калі элемент зрасходуецца, то прыбор можна жывіць ад аднаго сухога элемента любога тыпу, далучанага да зажымаў *Б*.



Рыс. 74. Схема омметра тыпу М-471: *В* — вымяральны механізм і $r_д$ і *r* — супраціўленні, *К* — кнопка, *1*, *2*, *3* і *Б* — зажымы.

Інструкцыя карыстання прыборам напісана на тыльнай сценцы (знізу прыбора).

Другі омметр тыпу М-57 (рыс. 75) больш просты. Ён прызначан для вымярэння супраціўленняў у межах ад 10 да 5000 *ом*. Яго схема падобна да прыведзенай на рысунку 72. Кнопка *К* у прыбора адсутнічае. Стрэлка ўстанаўліваецца на ∞ карэктарам, а на 0 — рукаяткай магнітнага шунта. Крыніцай току служыць батарэйка ад кішэннага ліхтарыка, змешчаная пад накрыўкай у ніжняй частцы прыбора. Для падключэння вымяраемых супраціўленняў устаноўлены два зажымы ў верхняй частцы корпуса прыбора. Прыбор вельмі просты ў абыходжанні.



Рыс. 75. Омметр тыпу М-57: *1*, *2* — зажымы для ўключэння вымяраемых супраціўленняў, *3* — карэктар для ўстаноўкі стрэлкі.

Выкананне работы

1. Перад пачаткам вымярэнняў устанавіце стрэлку прыбора (омметра тыпу М-471) на 0 па ніжняй шкале, верцячы асцярожна карэктар адвёрткай. Потым, націснуўшы кнопку *К*, паваротам рукояткі магнітнага шунта *М* устанавіце стрэлку на 0 па верхняй шкале (або што тое ж самае, на ∞ па ніжняй шкале).

2. Далучыце невядомае супраціўленне да зажымаў *1—2*, націсніце кнопку *К* і зрабіце адлік паказанняў па ніжняй шкале прыбора. Калі пры гэтым стрэлка прыбора пойдзе ўлева і спыніцца паміж ∞ і апошняй лічбай шкалы, значыць, супраціўленне больш магчымай мяжы вымярэння шкалы і яго трэба вымяраць, падключыўшы да зажымаў *2—3*. Калі ж пры падключэнні невядомага супраціўлення да зажымаў *2—3* стрэлка прыбора спыніцца паміж 0 і

першай адзнакай шкалы — супраціўленне малое і яго трэба вымяраць, падключаючы да зажымаў *1—2.* Вымяраемыя супраціўленні пранумаруйце і велічыні іх запішыце ў сшытак.

3. Омметр тыпу М-57 перад пачаткам вымярэнняў адрэгулюйце. Для гэтага, паварочваючы адвёрткай карэктар, устанавіце стрэлку прыбора па шкале на ∞. Замкніце дроцікам накоратка зажымы *1* і *2*, і, верцячы рукаятку магнітнага шунта, якая знаходзіцца з тыльнага боку прыбора, устанавіце стрэлку на 0 шкалы. Пасля гэтага вымерайце некалькі супраціўленняў. Пранумаруйце іх і даныя запішыце ў сшытак.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Схемы омметраў.
3. Кароткае апісанне карыстання прыборам.
4. Табліца рэзультатаў вымярэнняў.

Кантрольныя пытанні

1. Якім тыпам прыбора вымяраліся супраціўленні ў практычнай рабоце?
2. Як рэгулююць прыбор перад вымярэннем?
3. На якія межы вымярэнняў разлічан прыбор?
4. Якая крыніца току выкарыстоўваецца для жыўлення прыбора?
5. Як вызначаюць, да якіх зажымаў падключаюць супраціўленні ў прыборы М-471?

Работа 11. **Зборка найпрасцейшага омметра**

Мэта работы. Самастойна сабраць найпрасцейшы прыбор для вымярэння супраціўленняў і зрабіць некалькі вымярэнняў.

Прыборы і абсталяванне: 1) драўляная дошчачка для ўмацавання прыбора і іншых дэталей, 2) прыбор магнітаэлектрычнай сістэмы (міліамперметр на намінальны ток 10 *ма*), 3) зажымы — 2 шт., 4) батарэйка кішэннага ліхтарыка, 5) набор розных радыёсупраціўленняў, 6) маленькія цвікі і кавалкі мантажных праваднікоў, 7) электрапаяльнік, волава і каніфоль.

Тэарэтычныя звесткі

Прынцып работы найпрасцейшага омметра апісан у тэарэтычнай частцы папярэдняй работы. Для вырабу такога прыбора неабходны вымяральны механізм магнітаэлектрычнай сістэмы. Яго выбіраюць у залежнасці ад велічыні тых супраціўленняў, якія пажадана вымяраць омметрам. Найбольшую велічыню вымяраемага су-

праціўлення з дастатковай для практыкі дакладнасцю можна вызначыць па формуле:

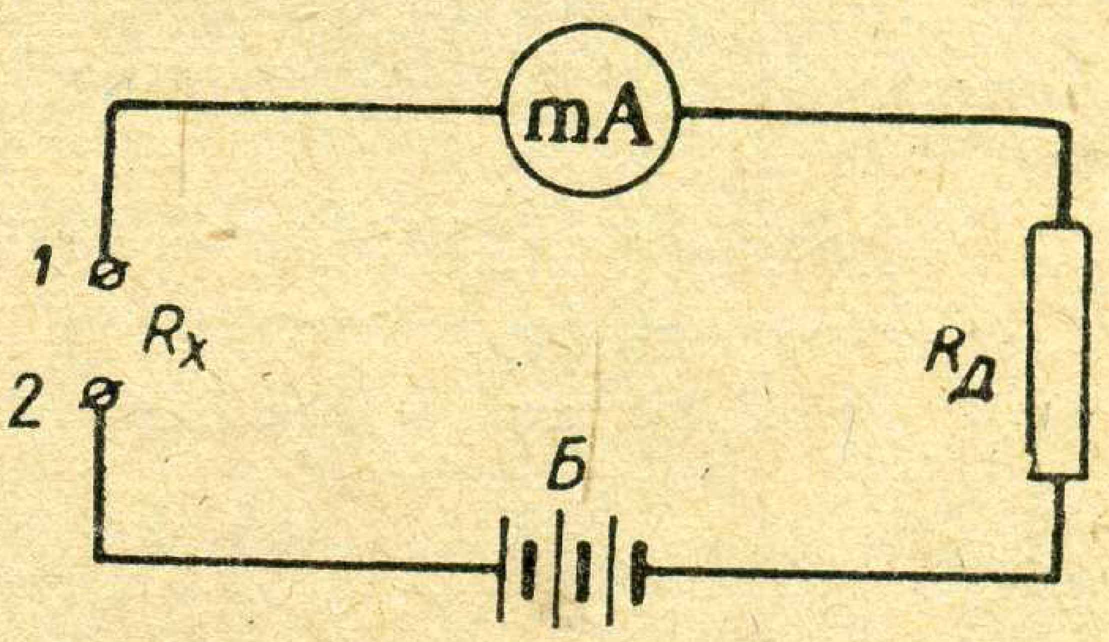
$$R_{\text{макс}} = 10 \frac{U}{J_{\text{п}}},$$

дзе $R_{\text{макс}}$ — найбольшая велічыня вымяраемага супраціўлення ў тысячах *ом*, U — напружанне батарэйкі омметра ў *в*, $J_{\text{п}}$ — намінальны ток прыбора ў *ма*.

Найменшая велічыня вымяраемага супраціўлення $R_{\text{мін}}$ роўна 0,01 $R_{\text{макс}}$ (у тысячах *ом*).

Апісанне схемы найпрасцейшага омметра

Схема омметра прыведзена на рысунку 76. У ёй паслядоўна злучаны: міліамперметр *mA*, дадатковае супраціўленне $R_{\text{д}}$ і батарэйка кішэннага ліхтарыка *Б*. Гэты ланцуг канчаецца зажымамі *1* і *2* для ўключэння невядомага супраціўлення. Велічыню супраціўлення $R_{\text{д}}$ падбіраюць доследным шляхам. Супраціўленне павінна быць такім, каб пры замкнёных накоратка зажымах *1* і *2* стрэлка міліамперметра адхілялася б да апошняга дзялення шкалы (да намінальнага значэння току прыбора). Велічыню напружання батарэйкі трэба браць ад 1,5 да 6,0 *в*. У залежнасці ад гэтага і вызначаюцца магчымыя межы велічынь вымяраемых супраціўленняў.



Рыс. 76. Схема найпрасцейшага омметра.

Выкананне работы

1. Азнаёмцеся з данымі электравымяральнага прыбора, які прызначан для найпрасцейшага омметра.
2. Па даных прыбора і батарэі знайдзіце межы магчымых вымярэнняў супраціўленняў.
3. На драўлянай дошчачцы замацуйце міліамперметр, зажымы і батарэйку і зрабіце неабходныя злучэнні, пакінуўшы свабоднымі канцы правадоў для ўключэння дадатковага супраціўлення.
4. Замкніце зажымы *1* і *2* накоратка і, падабраўшы дадатковае супраціўленне $R_{\text{д}}$, разамкніце іх. Дадатковае супраціўленне трэба прыпаяць да канцоў правадоў. Сабраную схему пакажыце для праверкі настаўніку і пасля гэтага праградуіруйце омметр.

5. Каб праградуіраваць сабраны омметр, да зажымаў *1* і *2* па чарзе далучаюць вядомыя супраціўленні. Паказанні прыбораў, атрыманыя пры падключэнні кожнага супраціўлення, запішыце ў табліцу.

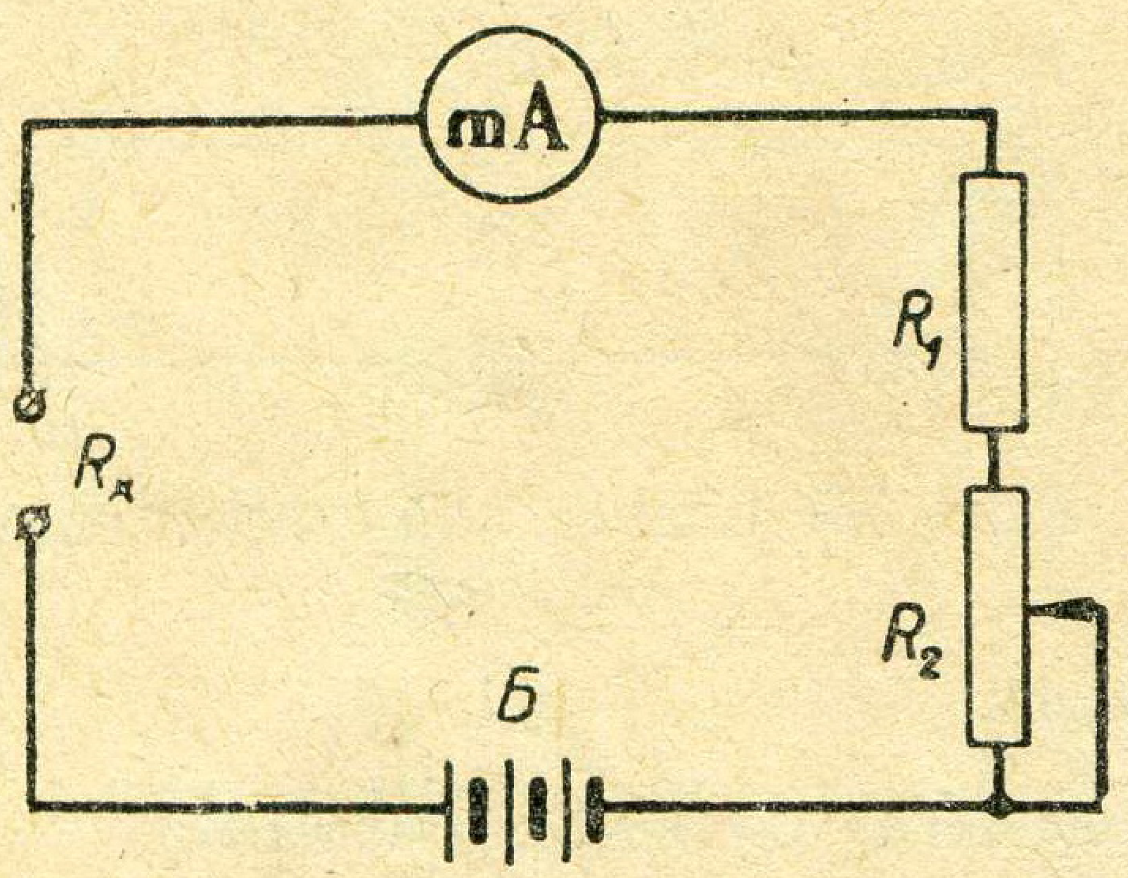
Табліца для градуіроўкі омметра

$R_{вяд.}$ *ом*														
J ма														

Згодна з гэтай табліцай зрабіце папяровую шкалу з дзяленнямі ў омах і ў адпаведнасці са шкалой міліамперметра сумясціце дзве шкалы, не закрываючы дзяленняў у *ма.*

6. Вымерайце некалькі невядомых супраціўленняў і па складзенай табліцы або шкале знайдзіце іх велічыню ў *ом.*

Табліцу для градуіроўкі омметра можна лічыць правільнай, калі напружанне батарэйкі пры наступных вымярэннях застаецца пастаянным. Для праверкі перад вымярэннямі трэба замкнуць накоратка зажымы *1* і *2* і праверыць 0 омметра па адхіленню стрэлкі на ўсю шкалу.



Рыс. 77. Схема найпрасцейшага омметра з рэгуліроўкай нуля.

Омметр можна сабраць па схеме, якая некалькі адрозніваецца ад разгледжанай тым, што ёсць рэгуліроўка стрэлкі на 0, дадатковае супраціўленне падзелена на два супраціўленні: R_1 і R_2 (рыс. 77). Адно з іх пераменнае. Яго велічыня павінна быць не больш 10% ад агульнай велічыні дадатковага супраціўлення: $R_д = R_1 + R_2$. У пачатку работы омметра ўводзяць усё супраціўленне. Па меры расходвання энергіі батарэйкі паступова выводзяць пераменнае супраціўленне, правяраючы кожны раз становішча стрэлкі на 0 пры закарочаных зажымах прыбора.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Схема прыбора; разлік, які пацвярджае выбар электравымяральнага механізма.
3. Кароткая інструкцыя карыстання прыборам.
4. Градуіраваная табліца і зробленая шкала.

Кантрольныя пытанні

1. Які вымяральны прыбор лепш узяць для омметра?
2. Як уключаецца гэты прыбор у схеме омметра?
3. На падставе якіх даных выбіраюць прыбор для зборкі найпрасцейшага омметра?
4. Як выбіраюць крыніцу току для омметра?
5. Як правяраюць 0 омметра?
6. Які парадак вымярэння найпрасцейшым омметрам?
7. Ад чаго залежаць межы магчымых вымярэнняў супраціўленняў найпрасцейшым омметрам?

Работа 12. **Вымярэнне супраціўленняў вымяральным мостам**[1]

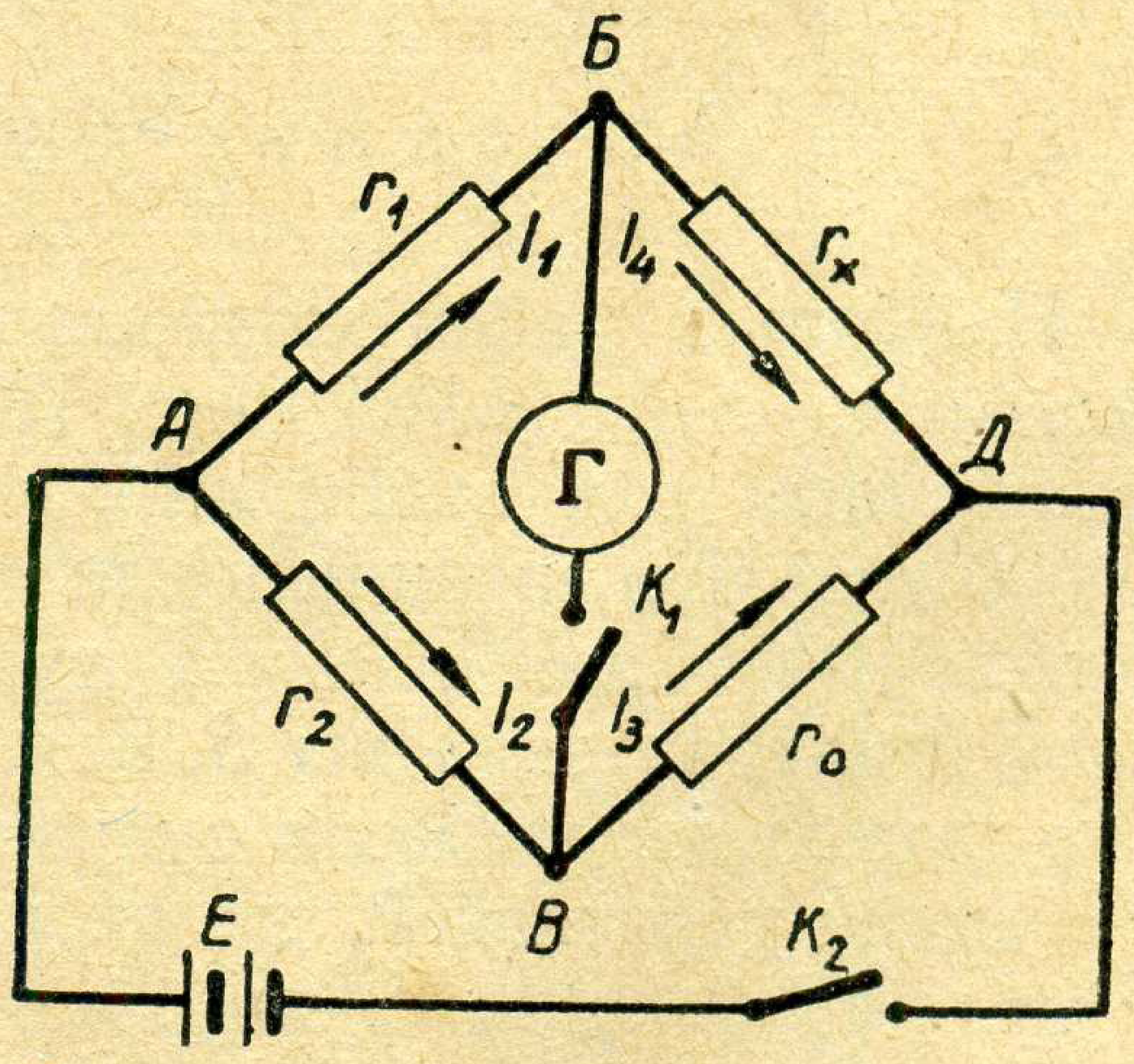
Мэта работы. Азнаёміцца з будовай тэхнічнага вымяральнага моста для вымярэння супраціўленняў. Зрабіць вымярэнні велічыні некалькіх розных супраціўленняў, карыстаючыся вымяральным мостам.

Прыборы і абсталяванне: 1) вымяральны мост з рыяхордам, 2) батарэйка для кішэннага ліхтарыка, 3) вымяраемыя супраціўленні (дротавыя рэастаты, катушкі электрычных званкоў, абмоткі трансфарматараў, розныя супраціўленні, якія ўжываюцца пры мантажы радыёапаратуры, 4) злучальныя праваднікі.

Тэарэтычныя звесткі

Прынцыповая схема вымяральнага моста (рыс. 78) прадстаўляе замкнуты чатырохвугольнік, які складаецца з супраціўленняў: r_1, r_2, r_0 і r_x.

У адну з дыяганалей уключан гальванометр *Г*, у другую — батарэя *Е* Супраціўленні, уваходзячыя ў схему, называюцца плячамі моста. Іх можна падабраць так, што патэнцыялы ў пунктах *Б* і *В* будуць роўны. У гэтым выпадку току ў ланцугу гальванометра не будзе. Такі стан схемы называюць раўнавагай моста, а працэс падбору супраціўленняў — ураўнаважваннем або балансіроўкай моста.



Рыс. 78. Прынцыповая схема вымяральнага моста.

Пры раўнавазе падзенні напружанняў ад пункта *А* да пунктаў *Б* і *В* роўны паміж сабой. Таксама роўны падзенні напружанняў ад пунктаў *Б* і *В* да пункта *Д*. Гэта запісваецца так:

$$U_{АБ} = U_{АВ} \text{ і } U_{БД} = U_{ВД}.$$

[1] Работа 12 з'яўляецца дадатковай.

Падзенні напружанняў на плячах моста можна выразіць, як здабыткі адпаведных токаў і супраціўленняў плеч моста:

$$U_{АБ} = J_1 r_1;\ U_{АВ} = J_2 r_2;\ U_{БД} = J_4 r_x;\ U_{ВД} = J_3 r_0.$$

Падставіўшы значэнні падзенняў напружанняў у роўнасці, напісаныя вышэй, атрымаем:

$$J_1 r_1 = J_2 r_2;\ J_4 r_x = J_3 r_0.$$

Падзелім адну роўнасць на другую:

$$\frac{J_1 r_1}{J_4 r_x} = \frac{J_2 r_2}{J_3 r_0}.$$

Пры раўнавазе схемы ток у гальванометры адсутнічае, значыць, існуе роўнасць токаў:

$$J_1 = J_4 \text{ і } J_2 = J_3.$$

Робячы скарачэнні токаў у папярэдняй роўнасці, атрымаем:

$$\frac{r_1}{r_x} = \frac{r_2}{r_0} \text{ або } \frac{r_1}{r_2} = \frac{r_x}{r_0}, \text{ адкуль}$$

$$r_x = r_0 \frac{r_1}{r_2}.$$

Значыць, ураўнаважыўшы мост, можна вылічыць невядомае супраціўленне r_x.

Вымярэнне супраціўлення з дапамогай моста дае адказ з вельмі вялікай дакладнасцю, што неабходна пры навуковых даследаваннях.

Супраціўленне r_0 называюць «эталонным», або плячом «параўнання».

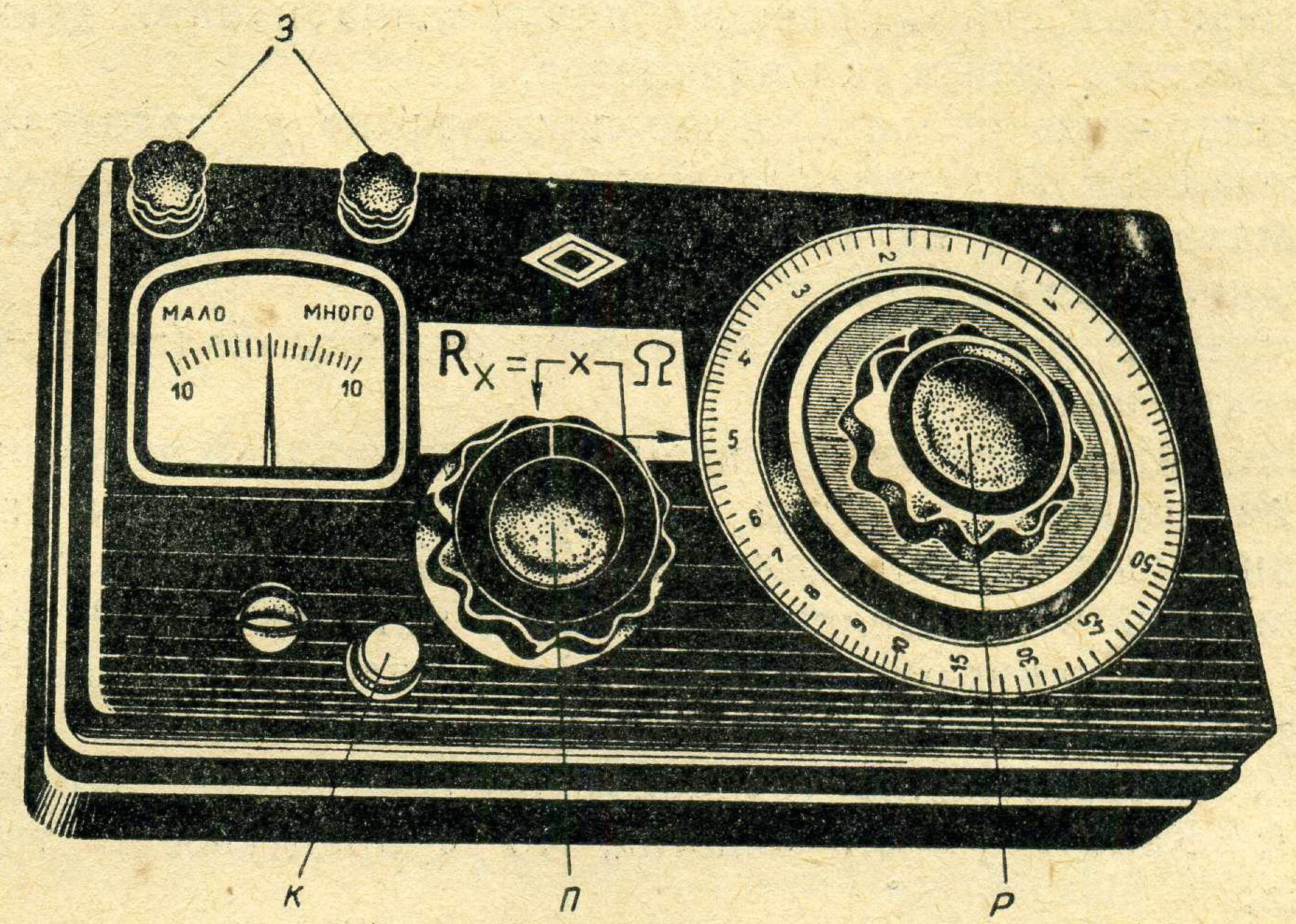
Адносіна $\frac{r_1}{r_2}$ носіць назву адносіны балансных плеч моста.

Апісанне будовы прыбора

Найбольш распаўсюджаным вымяральным мостам з'яўляецца малы мост тыпу ММВ (рыс. 79). Гэта тэхнічны пераносны прыбор, прызначаны для вымярэння супраціўленняў у межах ад 0,05 да 50 000 *ом*. Яго прынцыповая схема паказана на рысунку 80. Для падключэння вымяраемага супраціўлення R_x на верхняй панелі моста ёсць два зажымы *З*. Балансныя плечы моста r_1 і r_2 утвараюцца рэахордам і дадатковымі супраціўленнямі r'_1 і r'_2. Паўзунок рэахорда кіруецца рукаяткай *Р*, на якой нанесены дзяленні адносіны супраціўленняў балансных плеч моста.

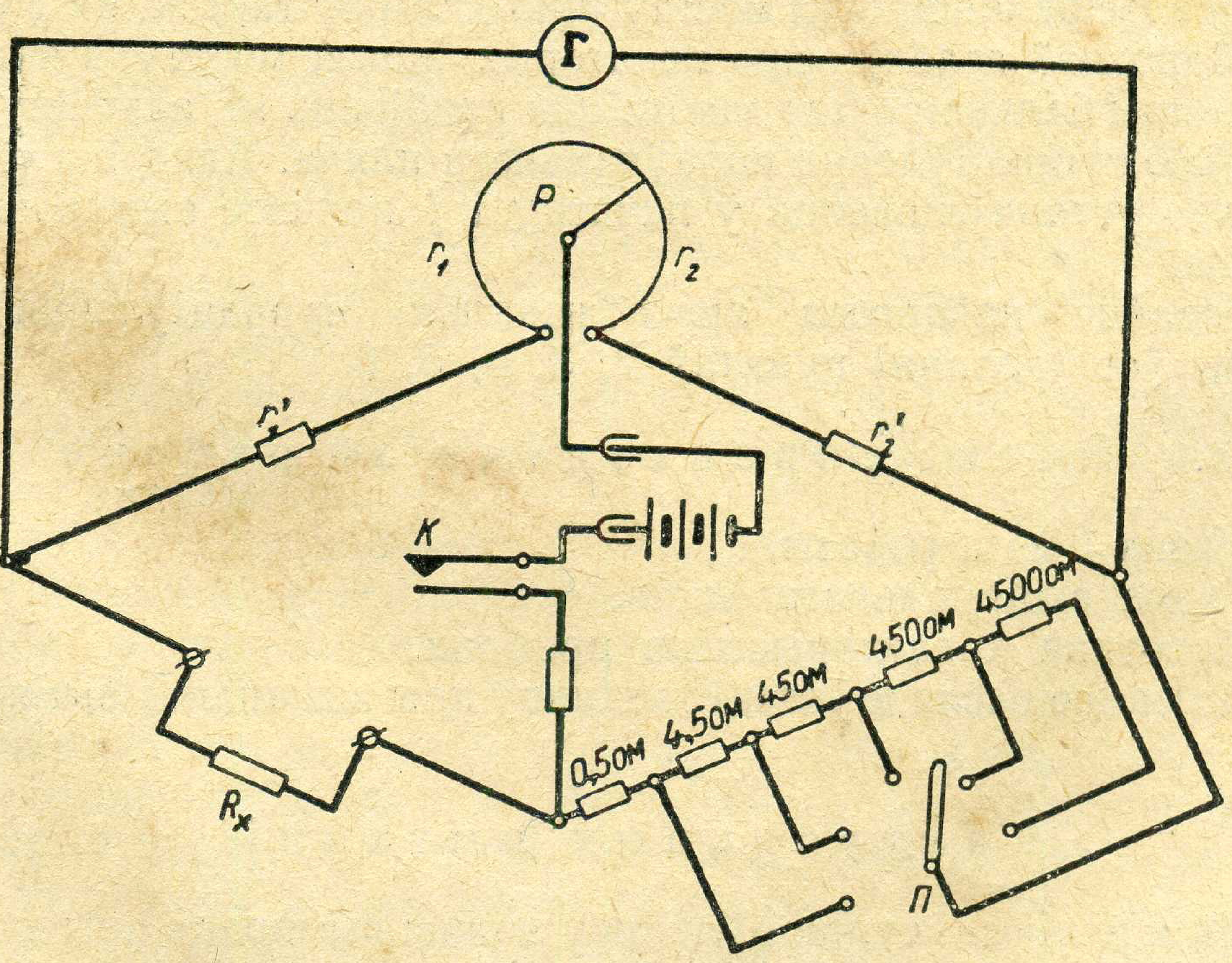
Параўнальнае супраціўленне r_0 складаецца з пяці супраціўленняў: 0,5 *ом*; 4,5 *ом*; 45 *ом*; 450 *ом* і 4500 *ом*. Яны могуць уключацца ў схему пераключальнікам *П*. Для ўключэння гальванометра ў ланцуг на верхняй панелі прыбора ўстаноўлена кнопка *К*. Крыніцай жыўлення моста служыць батарэйка кішэннага ліхтарыка тыпу

КБС-0,35. Яна ўкладваецца пад накрыўку «Б», размешчаную з ніжняга боку прыбора. Пры ўстаноўцы батарэі неабходна захоўваць палярнасць, абазначаную на кантактах для падключэння батарэйкі.



Рыс. 79. Малы вымяральны мост тыпу ММВ.

Прыбор зманціраван у пластмасавым корпусе. Унутры размешчаны: гальванометр, рэахорд, параўнальныя і дадатковыя супраціўленні, батарэйка; звонку: зажымы, рукаяткі рэахорда *Р* і пераключальніка *П*, кнопка *К*, назіральнае акенца гальванометра і шліц для ўстаноўкі стрэлкі на 0 шкалы.



Рыс. 80. Схема вымяральнага моста ММВ.

6*

Выкананне работы

1. Азнаёмцеся з будовай вымяральнага моста і інструкцыяй да яго. Запішыце тэхнічныя даныя моста: межы магчымых вымярэнняў, велічыні супраціўленняў пляча «параўнання», даныя крыніцы жыўлення, даныя гальванометра.

2. Вымяраемае супраціўленне падключыце да зажымаў моста. Пераключальнік *П* устанавіце ў становішча адной з магчымых межаў вымярэнняў, у якім знаходзіцца прыкладна мяркуемае значэнне вымяраемага супраціўлення

3. Рукаятку рэахорда ўстанавіце на адзнаку «5» (паблізу сярэдняга пункта шкалы).

4. Націсніце кнопку *К* і назірайце за стрэлкай гальванометра. Калі яна рэзка адхіляецца ў адзін з бакоў, гэта значыць, што становішча пераключальніка *П* выбрана няправільна. Яго трэба змяніць у адпаведнасці з тым, у які бок ад 0 адхіліцца стрэлка гальванометра. На шкале ёсць надпісы: «мала», «многа». Калі стрэлка гальванометра адхіляецца ў бок «мала», трэба павялічыць супраціўленне ў «параўнальным» плячы пераключальнікам *П*. Калі — у бок «многа», то супраціўленне трэба паменшыць.

5. Для дасягнення канчатковай балансіроўкі моста павольна вярціце рукаятку *Р* рэахорда.

6. Дабіўшыся раўнавагі схемы, калі стрэлка гальванометра спыніцца на 0, прачытайце рэзультат вымярэнняў. Ён ровен здабытку лічбаў, абазначаных на рукаятках пераключальніка *П* і рэахорда *Р*, якія знаходзяцца пры раўнавазе моста супраць указальных стрэлак.

7. Працэс балансіроўкі мостаў іншых тыпаў такі ж, як і ў моста ММВ. Адрознай асаблівасцю некаторых іншых мостаў з'яўляецца тое, што пры балансіроўцы даводзіцца падбіраць не адносіну плеч, а велічыню супраціўлення параўнальнага пляча. Адносіна «балансных» плеч устанаўліваецца ў пачатку і ў працэсе вымярэнняў не мяняецца.

Вымерайце пачаргова яшчэ некалькі супраціўленняў, выканаўшы ўсе ўказанні пунктаў 2, 3, 4, 5, 6.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Схема вымяральнага моста.
3. Кароткая характарыстыка прыбора.
4. Апісанне паслядоўнасці дзеянняў пры выкананні вымярэнняў мостам.

Кантрольныя пытанні

1. Якія велічыні супраціўленняў можна вымяраць пры дапамозе вымяральнага моста, які ўжываўся ў практычнай рабоце?

2. З якіх дэталей складаецца вымяральны мост?

3. Як робіцца падрыхтоўка вымяральнага моста для вымярэння?

4. У чым заключаецца працэс балансіроўкі вымяральнага моста пры вымярэнні супраціўленняў?

5. Як устанаўліваецца ў дадзенай канструкцыі моста адносіна балансных плеч?

6. Як выканана плячо «параўнання» r_0 у канструкцыі моста, ужытага ў практычнай рабоце?

7. Якія даныя крыніцы жыўлення вымяральнага моста?

8. Які прыбор ужыт у схеме вымяральнага моста для вызначэння раўнавагі схемы?

9. Як робіцца вызначэнне велічыні супраціўлення, вымеранага мостам?

Работа 13. Вымярэнне магутнасці электрычнага току

Мэта работы. Азнаёміцца з будовай ватметра. Навучыцца ўключаць прыборы ў ланцуг і рабіць вымярэнні магутнасці электрычнага току амперметрам, вольтметрам і ватметрам.

Прыборы і абсталяванне: 1) амперметр магнітаэлектрычнай або электрамагнітнай сістэмы са шкалой 0—5*а*, 2) вольтметр такой жа сістэмы са шкалой 0—30 *в*, 3) ватметр электрадынамічнай сістэмы тыпу АСТ-Д, 4) лямпавы рэастат з наборам лямп магутнасцю па 25 *вт*, 5) рубільнік з засцерагальнікамі, зманціраванымі на дошчачцы з вываднымі зажымамі, 6) крыніца жыўлення, 7) злучальныя праваднікі.

Тэарэтычныя звесткі

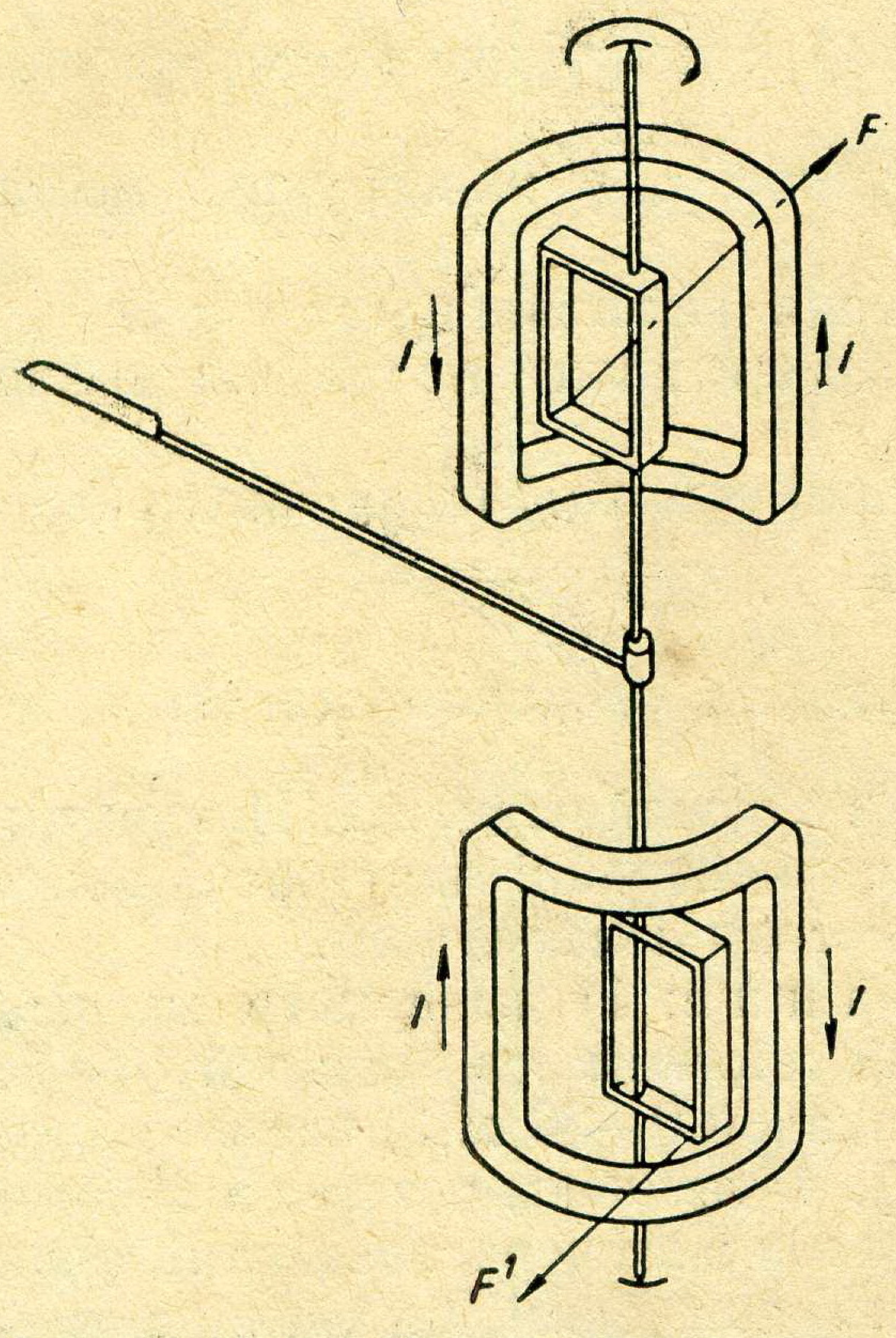
Вымярэнне магутнасці, спажываемай нагрузкай, можна рабіць прамым і ўскосным метадам. Пры ўскосным метадзе амперметрам вымяраюць велічыню току I, спажываемага нагрузкай, а вольтметрам — напружанне U на зажымах нагрузкі (спажыўца). Магутнасць вызначаецца перамножаннем рэзультатаў паказанняў прыбораў: $P = IU$ (*вт*).

Гэты спосаб вымярэння магутнасці прыгодны і для ланцуга пераменнага току, калі нагрузкай — спажыўцом энергіі з'яўляюцца лямпы напальвання.

У тэхнічных вымярэннях з мэтай прастаты і зручнасці магутнасць вымяраюць прамым метадам ад адліку адным прыборам — ватметрам электрадынамічнай сістэмы.

Як вядома, паказанні прыбораў электрадынамічнай сістэмы ў значнай ступені залежаць ад уплыву знешніх магнітных палёў, што неабходна ўлічваць пры вымярэннях. Для ўстаранення гэтага недахопу ў некаторых тыпах сучасных электрадынамічных прыбораў ужываюць астатычны вымяральны механізм электрадынамічнай сістэмы (рыс. 81). Ён складаецца з дзвюх нерухомых і дзвюх рухомых катушак. Токі ў нерухомых катушках працякаюць у про-

ціЛеглых напрамках. Гэтак жа ў процілеглыя бакі накіраваны токі ў рухомых катушках. Пры ўключэнні прыбора ў ланцуг узнікаюць намаганні F і F_1, дзейнічаючыя на рухомыя катушкі. Гэтыя намаганні (пара сіл) паварочваюць вось прыбора ў адным напрамку (паказаным на рысунку стрэлкай). Калі пад дзеяннем знешняга магнітнага поля павялічваецца намаганне F_1, якое дзейнічае на адну з катушак, то пад уплывам гэтага ж самага поля памяншаецца намаганне F, якое дзейнічае на другую катушку.



Рыс. 81. Схема будовы астатычнага вымяральнага механізма электрадынамічнай сістэмы.

Ватметры з такімі вымяральнымі механізмамі атрымалі шырокае распаўсюджанне ў практыцы.

Апісанне прыбора і схемы вымярэнняў

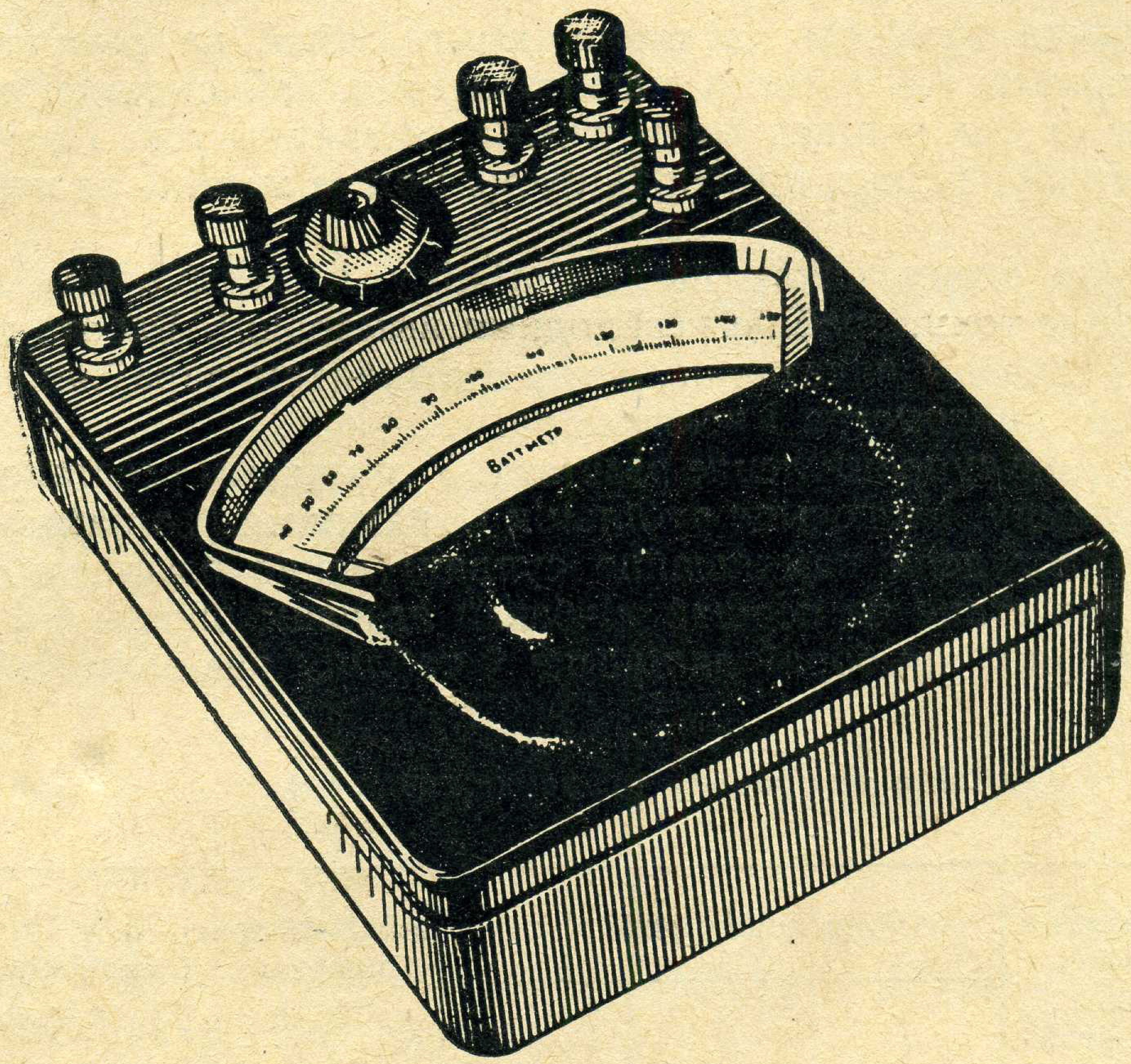
У дадзенай рабоце ўжываецца электрадынамічны ватметр тыпу АСТ-Д з астатычным вымяральным механізмам (рыс. 82). Ён прыгодны для вымярэнняў у ланцугах пастаяннага і пераменнага току з частатой 50 *гц*. Межы вымярэнняў: па току 5 *а* — па напружанню 150 *в*. На верхняй накрыўцы прыбора размешчаны пяць зажымаў: два з іх злучаны з токавай катушкай (адзін абазначан **I*, другі лічбай *5*), другія два зажымы злучаны з катушкай напружання і абазначаны літарай **U* і лічбай *150*. Пяты зажым выкарыстоўваецца для ўключэння прыбора на напружанне 30 *в*. Прынцыповая схема ўключэння ватметра ў ланцуг паказана на рысунку 83.

Да зажымаў, абазначаных зорачкай, далучаюць праваднік, які ідзе ад сеткі (ад генератара току). Яны называюцца генератарнымі зажымамі прыбора. Другі провад сеткі падводзяць да зажыма з абазначэннем 150. Ад зажымаў з абазначэннем 5 і 150 правады падаюцца да нагрузкі (спажыўца).

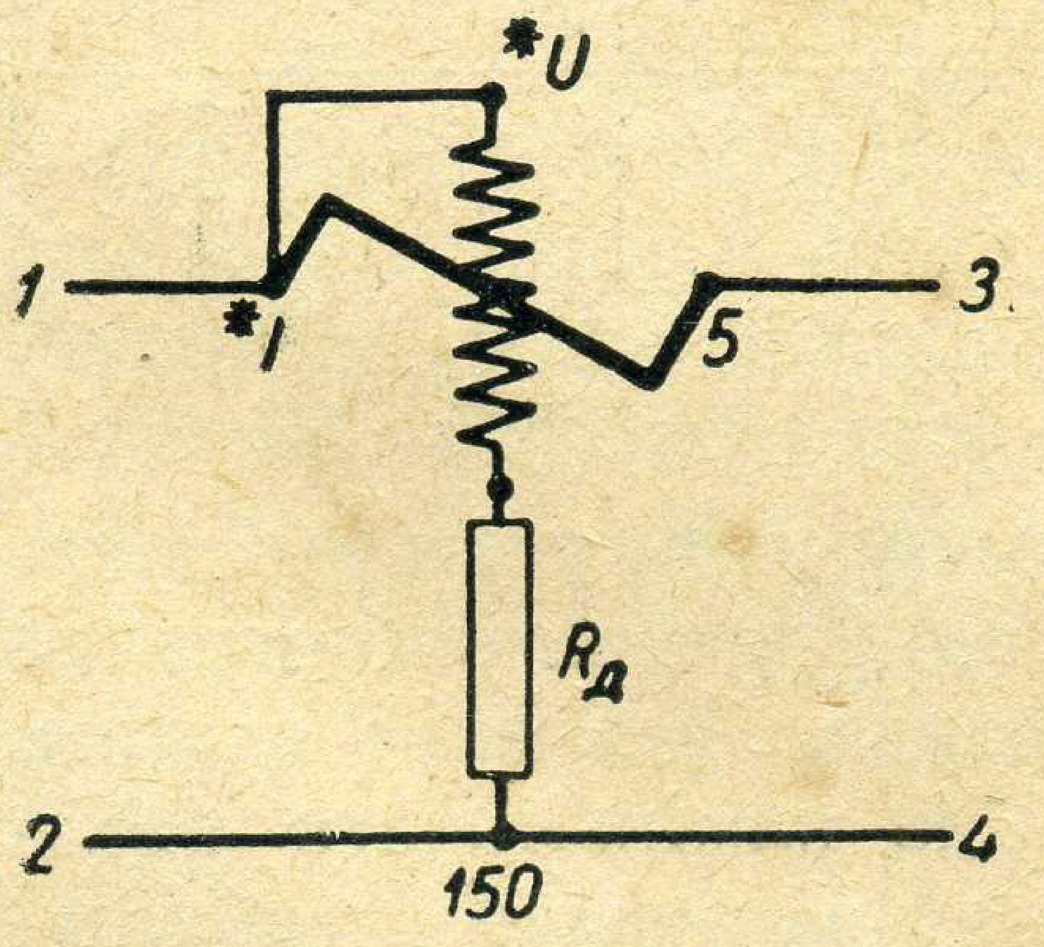
Для вымярэння магутнасці і праверкі паказанняў ватметра ў дадзенай практычнай рабоце прыборы злучаюцца па схеме, прыведзенай на рысунку 84.

Зажымы ватметра **I* і **U* праз папераджальнік злучаюць з першым выхадным кантактам рубільніка. Зажым з лічбай 5 злучаюць з амперметрам. Другі зажым амперметра злучаюць з лямпавым рэастатам (спажывец). Ад другога зажыма лямпавага рэастата

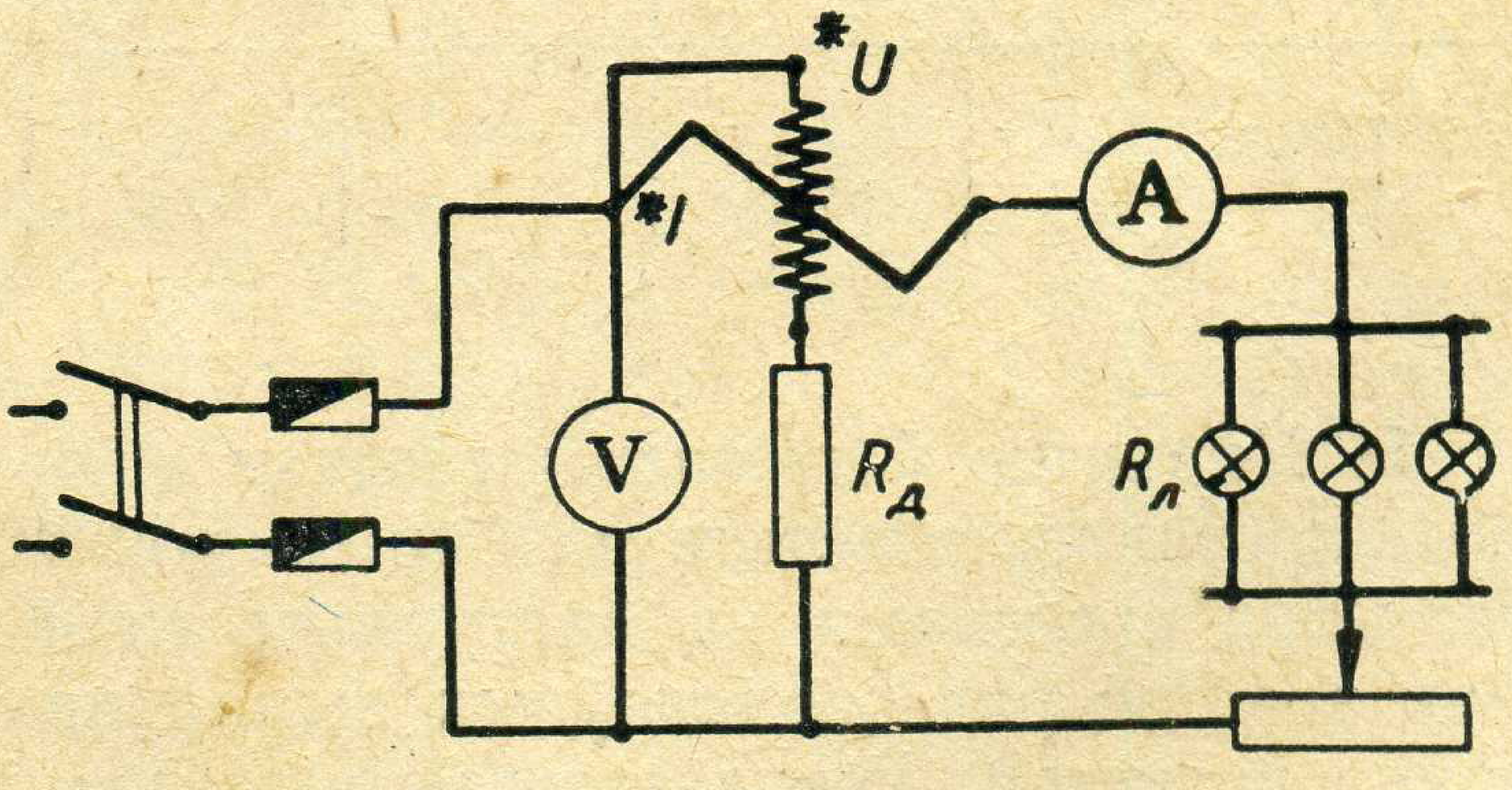
провад падводзяць да зажыма паўзунка дротавага рэастата, другі зажым якога злучаюць праз папераджальнік з другім выхадным кантактам рубільніка. Зажым ватметра (150) далучаюць да зажыма дротавага рэастата, злучанага з рубільнікам. Вольтметр далучаюць да кантактаў папераджальнікаў.



Рыс. 82 Пераносны ватметр тыпу АСТ-Д.



Рыс. 83. Схема ўключэння абмотак ватметра.



Рыс. 84. Схема ўключэння прыбораў пры праверцы ватметра.

Выкананне работы

1. Азнаёмцеся з прыборамі, дадзенымі для гэтай работы. Агледзьце ватметр і знайдзіце на ім зажымы для ўключэння, аб якіх указана ў апісанні прыбора. Вызначце тып і клас ватметра.

Знайдзіце цану дзялення шкалы кожнага з прыбораў і вызначце спосаб уключэння прыбораў у ланцуг. Цана дзялення шкалы ватметра вызначаецца па формуле: $C = \frac{U_н I_н}{n}$ *вт* на дзяленне, дзе n — цэлы лік дзяленняў усёй шкалы, $U_н$ і $I_н$ — намінальнае напружанне і ток ватметра.

2. Злучыце прыборы па схеме, прыведзенай на рысунку 84. Калі амперметр і вольтметр магнітаэлектрычнай сістэмы, то для жыўлення схемы павінен быць ужыты пастаянны ток. Пры наяўнасці электрамагнітных прыбораў схему можна жывіць ад пераменнага току.

Сабраную схему пакажыце настаўніку і, атрымаўшы дазвол на ўключэнне току, зрабіце неабходныя вымярэнні. Работа заключаецца ў праверцы паказанняў ватметра шляхам параўнання іх з паказаннямі амперметра і вольтметра.

3. Увядзіце супраціўленне рэастата. У лямпавым рэастаце ўкруціце адну лямпу. Уключыце рубільнік і, назіраючы за паказаннямі ватметра, пастунова памяншайце супраціўленне рэастата R, пакуль стрэлка стане на першай лічбавай адзнацы шкалы.

4. Паказанні прыбораў запішыце ў табліцу назіранняў.

Табліца назіранняў праверкі ватметра

№ пп	Паказанні правяраемага ватметра	Паказанні прыбораў			Абсалютная пагрэшнасць $\Delta P = P_1 - P$	Папраўка $\delta P = -\Delta P$	Заўвага
		I	U	$P_1 = IU$			
	вт	*а*	*в*	*вт*	*вт*	*вт*	

5. Укруціце ў лямпавы рэастат яшчэ адну лямпу і пры дапамозе дротавага рэастата падбярыце ток у ланцугу так, каб стрэлка ватметра спынілася на наступным алічбаваным дзяленні шкалы. Так зрабіце рад паслядоўных вымярэнняў да намінальнага паказання ватметра. Рэзультаты ўсіх вымярэнняў запішыце ў табліцу.

6. Вылічыце абсалютную пагрэшнасць. Запішыце значэнні папраўак у табліцу.

7 Па рэзультатах вымярэнняў і зробленых вылічэнняў пабудуйце графік папраўак. Пры гэтым па вертыкалі адкладзіце велічыню папраўкі δP з улікам яе знака, а па гарызанталі — велічыню магутнасцей, указаных лічбавымі адзнакамі на шкале ватметра.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Схема ўключэння прыбораў для вымярэнняў.
3. Схема верхняй накрыўкі ватметра з зажымамі для ўключэння прыбораў і іх абазначэнне.
4. Табліца рэзультатаў вымярэнняў і графік паправак.
5. Вывады аб дакладнасці ватметра.

Кантрольныя пытанні

1. Колькі зажымаў размешчана на верхняй накрыўцы электрадынамічнага ватметра і якое іх прызначэнне?
2. Як уключаецца ватметр у ланцуг для вымярэння магутнасці?
3. Як абазначаны генератарныя зажымы ватметра?
4. Як вызначаюць цану дзялення шкалы ватметра?
5. Як вызначаюць вымераную магутнасць па шкале ватметра?
6. Якія вымярэнні робяцца пры праверцы ватметра?

Заўвага. Калі ў рабоце ўжываецца ватметр другога тыпу, паслядоўнасць выканання работы застаецца такой жа.

Работа 14 **Уключэнне і праверка лічыльніка электрычнай энергіі**

Мэта работы. Вывучыць будову і работу індукцыйнага аднафазнага лічыльніка электрычнай энергіі. Навучыцца ўключаць і правяраць лічыльнік.

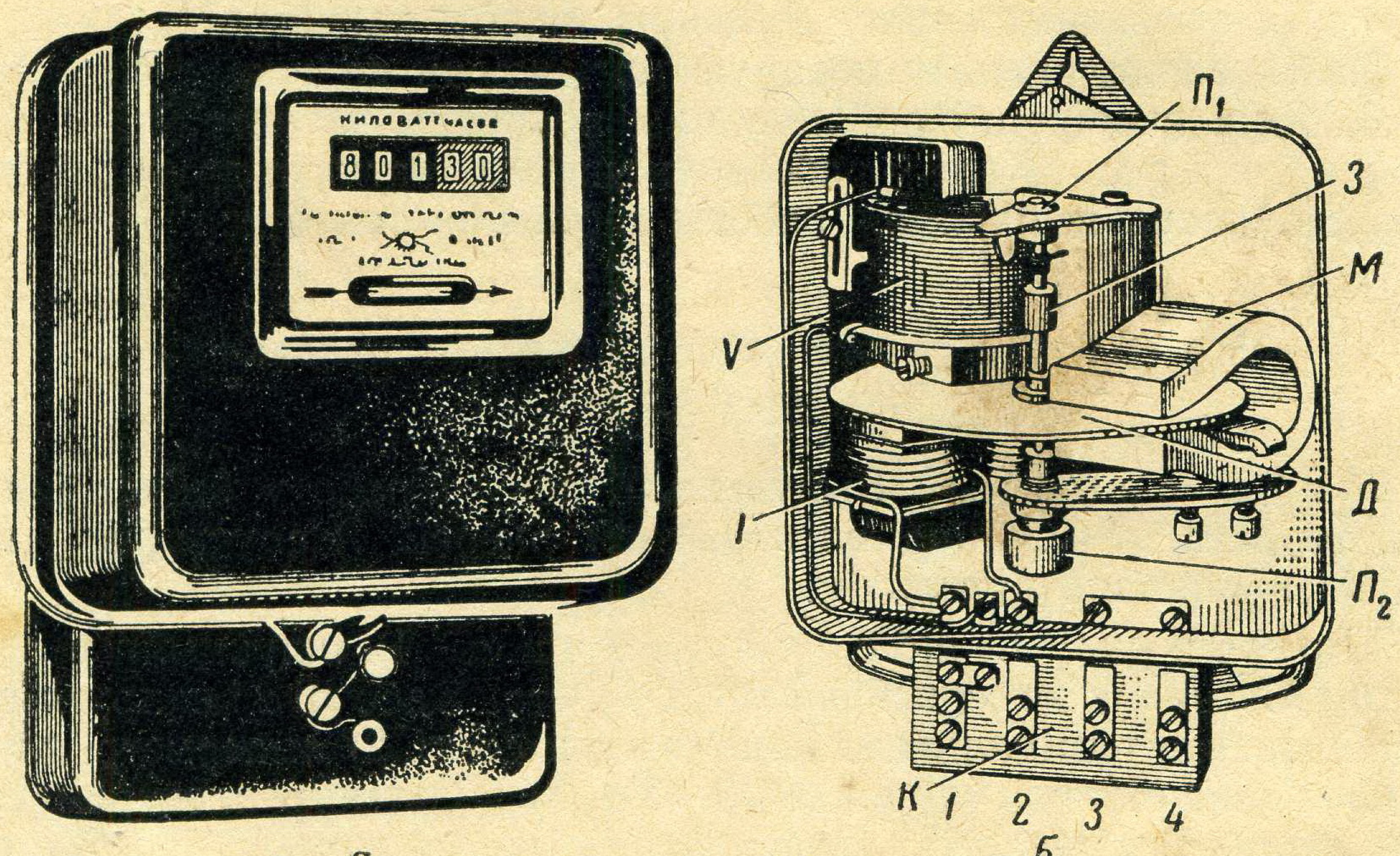
Прыборы і абсталяванне. 1) індукцыйны аднафазны лічыльнік электрычнай энергіі на ток 5 або 10 *а* і напружанне, адпавядаючае намінальнаму напружанню сеткі, 2) амперметр электрамагнітнай сістэмы са шкалой 0—5 *а*, 3) вольтметр электрамагнітнай сістэмы са шкалой, адпавядаючай намінальнаму напружанню сеткі, 4) лямпавы рэастат на велічыню току, роўную 125% намінальнага току лічыльніка (6,5*а* або 12,5*а*), 5) дротавы паўзунковы рэастат 15 *ом* на такі ж ток, 6) пясочны гадзіннік на 3 мінуты або гадзіннік з секунднай стрэлкай, 7) двухполюсны рубільнік, замацаваны на драўлянай дошчачцы, з выводнымі зажымамі, 8) злучальныя праваднікі.

Тэарэтычныя звесткі

Энергію пераменнага току, спажываемую электраўстаноўкамі, вымяраюць лічыльнікамі электрычнай энергіі індукцыйнай сістэмы. Знешні выгляд і ўнутраная будова лічыльніка паказаны на рысунку 85. Унутры корпуса прыбора замацаваны: электрамагніт з паслядоўна ўключаемай абмоткай з невялікай колькасці віткоў тоўстага ізаляванага меднага дроту (14—15 віткоў), паралельна

ўключаемы электрамагніт з вялікай колькасцю віткоў тонка ізаляванага меднага дроту (8000—10 000 віткоў). У ніжняй частцы, па-за корпусам лічыльніка, ёсць каробка з чатырма зажымамі. Гэтыя зажымы напалавіну ўваходзяць унутр корпуса, дзе злучаюцца з абмоткамі электрамагнітаў. Зажымы *1* і *2* злучаны з абмоткай паслядоўна ўключаемага электрамагніта (токавая абмотка). Зажымы *3* і *4* злучаны паміж сабой накоратка. Да іх падключан адзін канец абмоткі паралельна ўключаемага электрамагніта, а другі канец гэтай жа абмоткі далучан да зажыма *1*. Пры дапамозе ўказаных зажымаў лічыльнік уключаецца ў сетку (зажымы *1*, *3*) і злучаецца са спажыўцом электрычнай энергіі (зажымы *2*, *4*). Падключэнні робяцца знадворку ў зажымнай каробцы.

Рухомай часткай лічыльніка служыць алюмініевы дыск, замацаваны на восі і размешчаны паміж полюсамі электрамагнітаў.



Рыс. 85. Лічыльнік электрычнай энергіі:
а — знешні выгляд, *б* — унутраная будова: *I* — паслядоўна ўключаны электрамагніт; *V* — паралельна ўключаны электрамагніт; *Д* — алюмініевы дыск, $П_1$ і $П_2$ — падпятнікі, *З* — шасцяроначная перадача руху на лічыльны механізм, *К* — каробка ўключэнняў, *М* — пастаянны магніт.

Верцячы момант, які прыводзіць у вярчэнне дыск лічыльніка, прапарцыянальны магутнасці току, праходзячага праз лічыльнік. Калі дыск будзе вярцецца на працягу некаторага часу t, то энергія, якая спажываецца нагрузкай і праходзіць праз лічыльнік, вызначыцца як здабытак магутнасці P на час t:

$$W = Pt \ вт \cdot сек.$$

За гэты час дыск зробіць n абаротаў. Значыць, зрасходаваная энергія прапарцыянальна ліку абаротаў дыска. Таму колькасцю абаротаў дыска можна вымяраць велічыню электрычнай энергіі.

Лік ватсекунд электрычнай энергіі, які рэгістрыруецца лічыльным механізмам і прыходзіцца на 1 абарот дыска, называецца намінальнай пастаяннай лічыльніка $K_н$. Яе вызначаюць па даных, абазначаных на лічыльніку, дзе напісана, што на 1 кілават-гадзіну прыпадае 2500 абаротаў дыска. Па гэтых даных вылічваюць намінальную пастаянную лічыльніка. 1 квт-гадзіна складае 1000 *вт* $\cdot$ 60 $\cdot$ 60 *сек.*, таму $K_н = \frac{1000 \cdot 3600}{2500} = 1400$ *вт сек* на 1 абарот дыска.

Лічыльнік электрычнай энергіі, як і ўсякі электравымяральны прыбор, уладае пагрэшнасцю, таму сапраўды зрасходаваная электрычная энергія будзе адрозніваацца ад паказанай лічыльнікам. Велічыня сапраўды зрасходаванай энергіі ў ланцугу, якая прыходзіцца на 1 абарот дыска, называецца сапраўднай пастаяннай лічыльніка K. Яе гэтак жа вызначаюць у ватсекундах на 1 абарот дыска:

$$K = \frac{U \cdot I \cdot t}{n},$$

дзе U — напружанне сеткі ў *в*, I — ток у *а*, t — час у сек., n — колькасць абаротаў за час t сек.

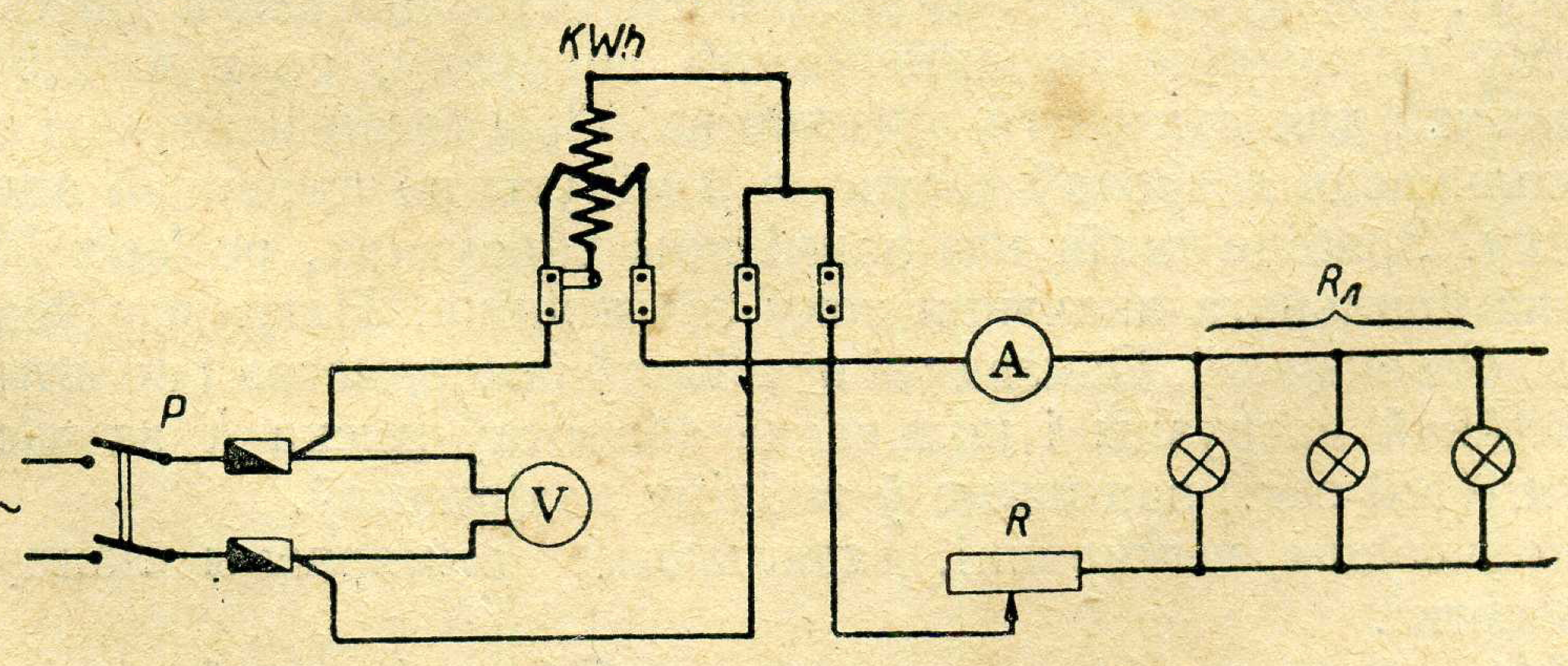
Ведаючы намінальную $K_н$ і сапраўдную K пастаянныя лічыльніка, можна вызначыць адносную пагрэшнасць яго $\gamma_к$ па наступнай формуле:

$$\gamma_к = \frac{K_н - K}{K} \cdot 100(\%).$$

Пагрэшнасць лічыльніка згодна з тэхнічнымі ўмовамі не павінна перавышаць 2,5%. Яе вызначаюць пры праверцы лічыльніка, і, калі пагрэшнасць перавышае 2,5%, лічыльнік неабходна адрэгуляваць.

Апісанне схемы для праверкі лічыльніка

Для праверкі лічыльнік электрычнай энергіі ўключаюць па схеме, прыведзенай на рысунку 86. Сетку пераменнага току падводзяць да ўваходных зажымаў двухполюснага рубільніка. Да яго



Рыс. 86. Схема для праверкі лічыльніка электрычнай энергіі пераменнага току.

выхадных зажымаў праз паперадажальнікі далучаюць ланцуг спажыўца. Вольтметр уключаюць паралельна гэтаму ланцугу. Да зажыма *1* лічыльніка (у каробцы падключэнняў) далучаюць «фазны» провад сеткі. Ад зажыма *2* провад ідзе да амперметра, а ад яго — да лямпавага рэастата $R_л$. Другі провад ад лямпавага рэастата далучаюць да рэгуліровачнага дротавага рэастата R. Другі яго зажым злучаюць з зажымам *4* лічыльніка. Провад ад зажыма *3* лічыльніка злучаюць з другім («нулявым») провадам сеткі, куды далучан адзін з правадоў, які ідзе ад вольтметра.

Выкананне работы

1. Азнаёмцеся з будовай лічыльніка электрычнай энергіі. Запішыце яго тэхнічныя даныя. Адкрыйце накрыўку каробкі падключэнняў і знайдзіце зажымы, злучаныя з абмоткамі (паслядоўнай і паралельнай) электрамагнітаў.

2. Азнаёмцеся з прыборамі і схемай іх уключэння. Збярыце схему па рысунку 86. Падключаючы правады да лічыльніка, захоўвайце парадак уключэння «фазнага» проваду. Для таго каб вызначыць, які з двух правадоў сеткі «фазны», можна выкарыстаць звычайную лямпу напальвання з патронам і кавалкам шнура. Адзін канец шнура, які ідзе ад патрона з лямпачкай, злучыце з зазямленнем (водаправодная труба), а другім па чарзе датыкайцеся да правадоў сеткі. Лямпа ярка ўспыхвае пры злучэнні з «фазным» провадам. Калі ж датыкнуцца да нулявога проваду, лямпа можа ледзь толькі напальвацца або зусім не напальвацца.

Збярыце схему і пакажыце яе для праверкі настаўніку і, атрымаўшы ў яго дазвол, пачынайце выкананне работы.

3. Уключыце лічыльнік без нагрузкі. Пры гэтым дыск не павінен вярцецца, або ж ён можа павольна вярцецца да таго часу, пакуль у кантрольным акенцы пакажацца чырвоная адзнака на дыску. Калі ж дыск будзе вярцецца без прыпынку, значыць, лічыльнік уладае «самаходам» і для эксплуатацыі непрыгодны.

4. Калі самаход адсутнічае, вызначце сапраўдную пастаянную лічыльніка K пры розных нагрузках. Для гэтага ўключыце рубільнік P. Пры дапамозе лямпавага (груба) і дротавага (дакладна) рэастатаў устанавіце па амперметру нагрузку, роўную 2,5% ад намінальнай для дадзенага лічыльніка. Пры гэтай нагрузцы падлічыце колькасць абаротаў дыска за 3 мінуты па чырвонай адзнацы на дыску. Зрабіце такія назіранні пры нагрузках, роўных 50, 75, 100% намінальнага значэння току лічыльніка. Нагрузку ўвадзіце плаўна, без скачкоў. Паказанні прыбораў (амперметра і вольтметра) пры кожнай нагрузцы і колькасць абаротаў дыска N за час $t =$ $=3$ мін. (180 сек.) запішыце ў табліцу назіранняў.

Закончыўшы вымярэнні, адключыце вымяраемы ланцуг ад электрасеткі.

5. На аснове зробленых вымярэнняў і назіранняў вылічце P, K, $K_н$ і $\gamma_к$ для кожнай нагрузкі. Рэзультаты запішыце ў табліцу.

№№ пп.	Нагрузка ў % ад намінальнай	Назіраемыя велічыні				Вылічваемыя велічыні				Заўвага
		U в	I а	t сек	n абарот	$P = UI$ вт	K $\frac{вт \cdot сек}{абарот}$	$K_н$ $\frac{вт \cdot сек}{абарот}$	$\gamma_к = \frac{K_н - K}{K} 100$ %	

Па даных назіранняў і вылічэнняў зрабіце вывад аб прыгоднасці лічыльніка для работы і запішыце яго ў табліцу (графа «Заўвага»).

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Схема ўключэння прыбораў.
3. Табліца назіранняў і вылічэнняў.
4. Вывад аб спраўнасці і прыгоднасці лічыльніка для работы.

Кантрольныя пытанні

1. Як пабудаван індукцыйны лічыльнік электрычнай энергіі?
2. Да якога зажыма далучаюць «фазны» провад і чаму?
3. Як вызначаюць «фазны» провад сеткі?
4. Як неабходна ўключаць лічыльнік электрычнай энергіі для праверкі?
5. Якія прыборы неабходны для праверкі лічыльніка і як іх уключаюць у ланцуг?
6. Як вызначаюць «самаход» лічыльніка?
7. Чаму пры наяўнасці «самаходу» лічыльнік непрыгодны для работы?
8. Як вызначаюць намінальную пастаянную лічыльніка?
9. Як правяраюць лічыльнік?

АДДЗЕЛ ТРЭЦІ

ЭЛЕКТРЫЧНЫЯ МАШЫНЫ ПАСТАЯННАГА І ПЕРАМЕННАГА ТОКУ. ТРОХФАЗНЫ ТОК

§ 13. ВЫКАРЫСТАННЕ МАШЫН ПАСТАЯННАГА ТОКУ

Пераважная большасць электрычных машын, якія выкарыстоўваюцца сучаснай тэхнікай,— гэта машыны трохфазнага або аднафазнага пераменнага току. Яны намнога прасцей і надзейней па сваёй канструкцыі, чым электрычныя машыны пастаяннага току; на эксплуатацыю і догляд за машынамі пераменнага току трэба менш часу, увагі і матэрыяльных затрат.

У некаторых галінах народнай гаспадаркі да гэтага часу выкарыстоўваюцца машыны пастаяннага току, паколькі ў радзе выпадкаў яны маюць перавагі ў параўнанні з машынамі пераменнага току. Разгледзім гэтыя перавагі.

Гэта перш за ўсё магчымасць шырокага і плаўнага рэгулявання ліку абаротаў рухавікоў пастаяннага току і магчымасць аўтаматычнага зніжэння абаротаў пры рэзкім павелічэнні нагрузкі на рухавік (гэта засцерагае механізмы, якія прыводзяцца ў рух гэтымі рухавікамі, ад хуткага спрацоўвання і паломак) Акрамя таго, важна, што некаторыя рухавікі пастаяннага току развіваюць вельмі вялікі верцячы момант і могуць лёгка зрушваць з месца вялікія масы, пераадольваючы не толькі іх вагу, але і сілы інерцыі, узнікаючыя ў пачатковы момант руху.

Гэтымі асаблівасцямі рухавікі пераменнага току не валодаюць. Таму ўсе механізмы электрычнай цягі (трамвай, тралейбус, паязды метро, электрапаязды) прыводзяцца ў рух рухавікамі пастаяннага току. Пастаянны ток выкарыстоўваецца ў большасці пад'ёмных механізмаў, у электраабсталяванні аўтамабіляў, трактараў, самалётаў.

Значыць, побач з больш шырокім прымяненнем пераменнага току ў некаторых галінах тэхнікі, асабліва ў транспарце, у асноўным выкарыстоўваецца пастаянны ток.

П а ш п а р т   м а ш ы н ы. Кожная электрычная машына мае таблічку (пашпарт), на якой указваюцца ўсе неабходныя для яе правільнага выкарыстання рабочыя велічыні: напружанне, магутнасць у кілаватах, велічыня току, лік абаротау у мінуту, каэфіцыент карыснага дзеяння, вага і г. д. Акрамя таго, на пашпарце ўказваецца тып машыны, нумар і завод, які вырабіў яе.

Так, з таблічкі, паказанай на рысунку 87, бачна, што машына, якую зрабіў маскоўскі завод «Дынама» імя С. М. Кірава (тып машыны ПН-10), прадстаўляе сабой рухавік пастаяннага току ма-

Рыс. 87. Таблічка машыны ПН-10

гутнасцю 4,1 *квт.* Намінальнае рабочае напружанне —110 *в*, намінальны (рабочы) лік абаротаў у мінуту —1450, намінальны рабочы ток — 49 *а*. Акрамя таго, на таблічцы ўказана, што гэты рухавік з паралельным узбуджэннем (гл. аб гэтым далей).

Азнаямленне з кожнай новай машынай трэба пачынаць з дэталёвага вывучэння яе пашпарта. Толькі вызначыўшы намінальныя напружанні, ток, магутнасць і лік абаротаў машыны, можна ўстанавіць правільны рэжым яе работы.

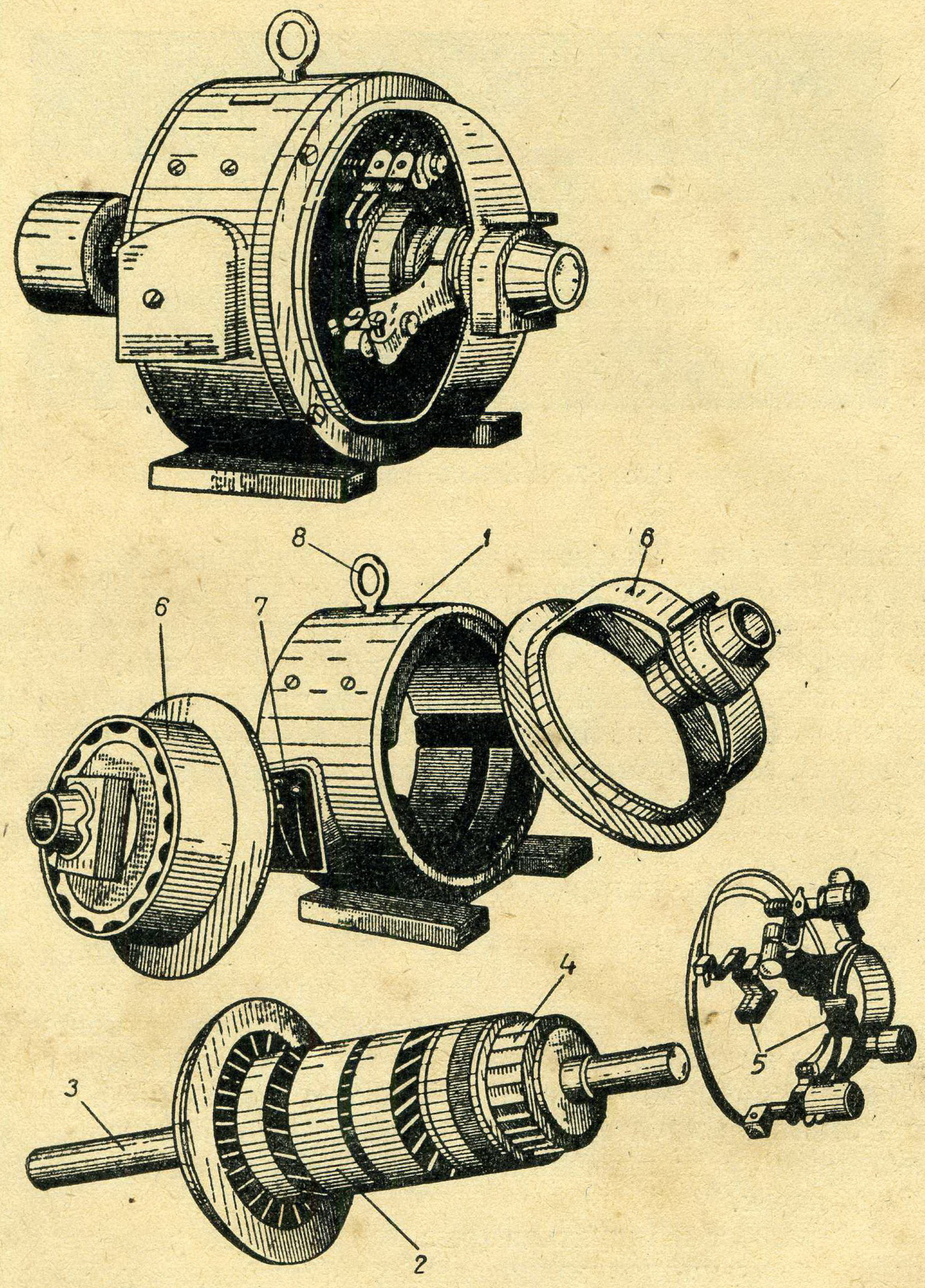
§ 14. ГЕНЕРАТАРЫ ПАСТАЯННАГА ТОКУ

Будова генератараў Дзеянне электрычнага генератара, як вядома з фізікі, асноўваецца на з'яве электрамагнітнай індукцыі — на ўзнікненні электрарухаючай сілы ў контуры праводніка пры змяненні магнітнага патоку, пранізваючага гэты контур. Таму асноўнымі часткамі генератара пастаяннага току з'яўляецца станіна (індуктар), якая стварае магнітнае поле, і якар з размешчанымі ў ім праваднікамі, якія пры вярчэнні перасякаюць магнітны паток.

Паміж палюсамі індуктара (рыс. 88) змяшчаецца якар; вось яго верціцца ў падшыпніках, запрасаваных у бакавыя накрыўкі машыны. Некалькімі балтамі гэтыя накрыўкі мацуюцца да корпуса. Уздоўж бакавой цыліндрычнай паверхні якара праходзяць пазы, куды закладваюцца віткі абмоткі якара. Абмотку выконваюць медным дротам, ізаляваным бавоўнянай пражай. Вывады асобных секцый гэтай абмоткі прыпайваюць да пласцін электрычнага калектара, устаноўленага на адным з канцоў вала якара

Для злучэння рухомай абмоткі якара з нерухомымі правадамі знешняга электрычнага ланцуга ствараюць паміж імі слізгаючы

кантакт. Для гэтага на калектар, які бесперапынна верціцца, накладваюць нерухомыя шчоткі, зробленыя з медзі, графіту, прасаванага вугалю або з сумесі гэтых матэрыялаў.

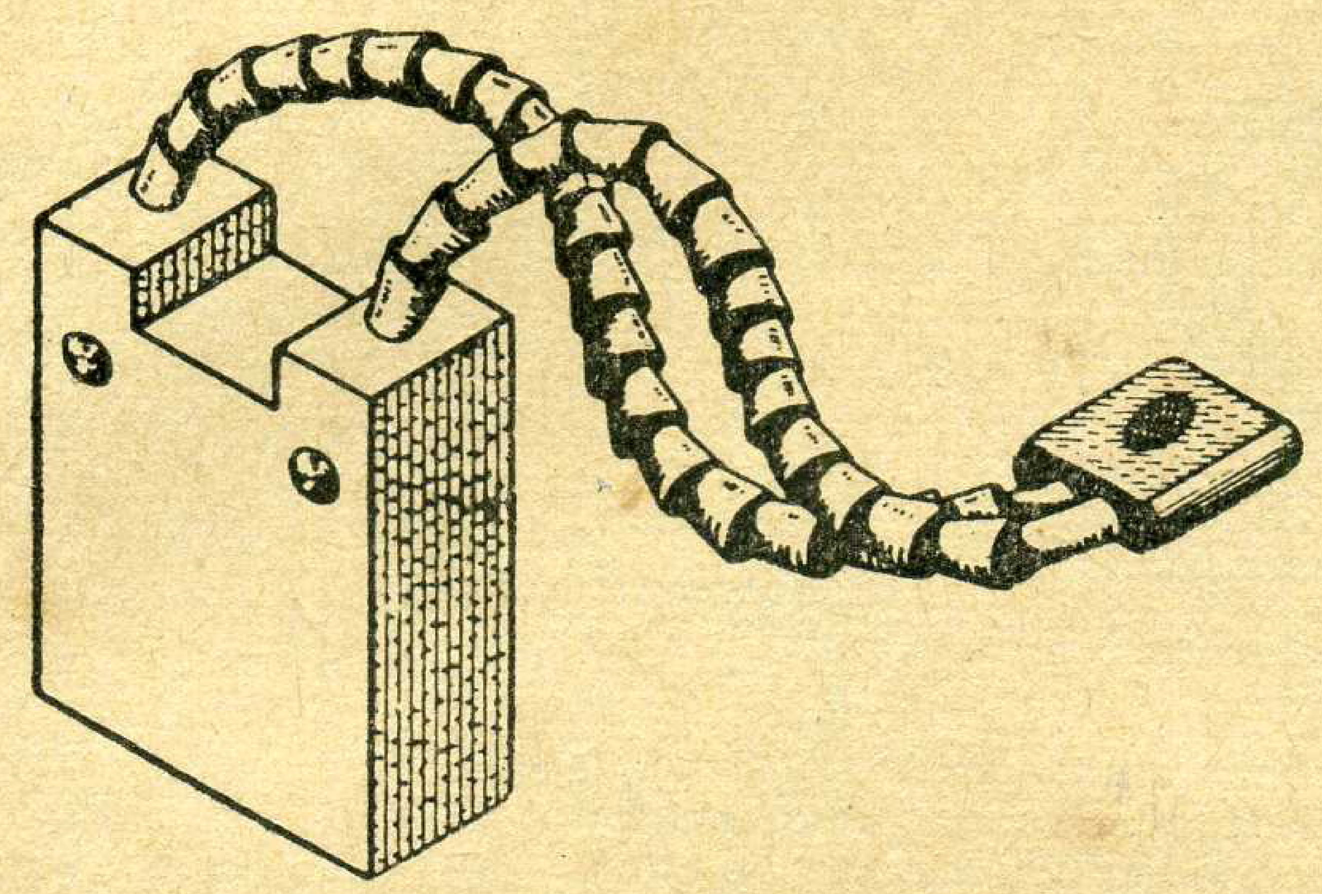


Рыс. 88. Машына пастаяннага току і яе часткі:
1 — станіна індуктара, *2* — якар, *3* — вал якара, *4* — калектар, *5* — траверса са шчоткатрымальнікамі, *6* – бакавыя накрыўкі, *7* — выхадныя зажымы, *8* — кольца для транспарціроўкі машыны.

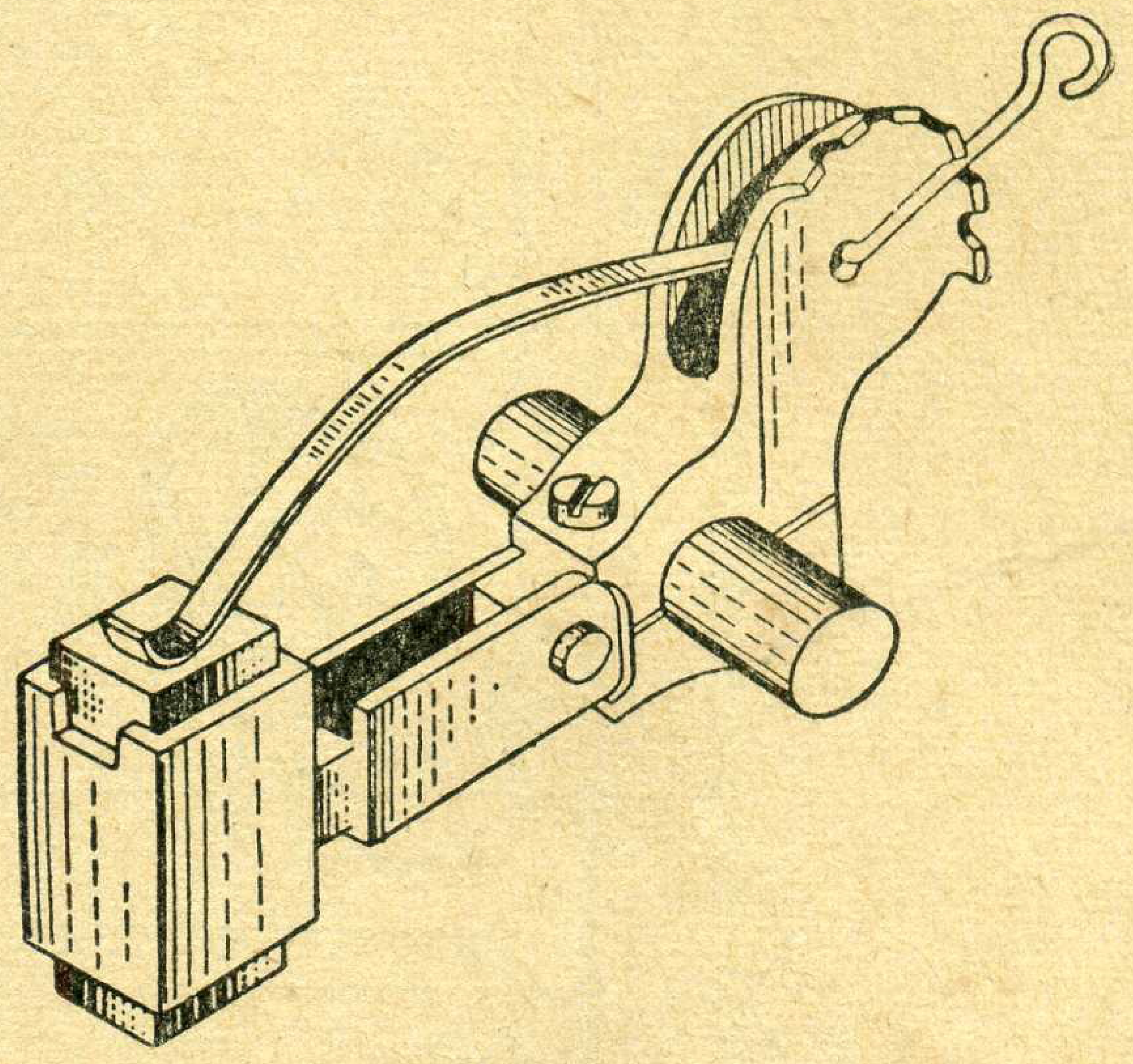
Шчоткі (рыс. 89) устаўляюцца ў металічныя шчоткатрымальнікі (рыс. 90), дзе прыціскаюцца да калектара стальной спружынай, тым самым забяспечваецца надзейны кантакт са знешнім электрычным ланцугом.

Паколькі металічны сардэчнік якара, верцячыся ў магнітным полі, перасякае магнітны паток, то ў ім таксама індукцiруюцца токі, якія называюцца віхравымі токамі. Гэтыя токі выклікаюць нагрэў якара, і на іх утварэнне дарэмна расходуецца пэўная частка энергіі.

Каб павысіць каэфіцыент карыснага дзеяння генератара, трэба паменшыць страты энергіі на віхравыя токі, вырабляючы сардэчнік якара, а таксама і сардэчнікі катушак індуктара не суцэльнымі, а з асобных тонкіх штампаваных пласцін электратэхнічнай сталі. Пласціны ізалююць адну ад другой слоем лаку або тонкай паперай.



Рыс. 89. Шчотка электрычнай машыны.



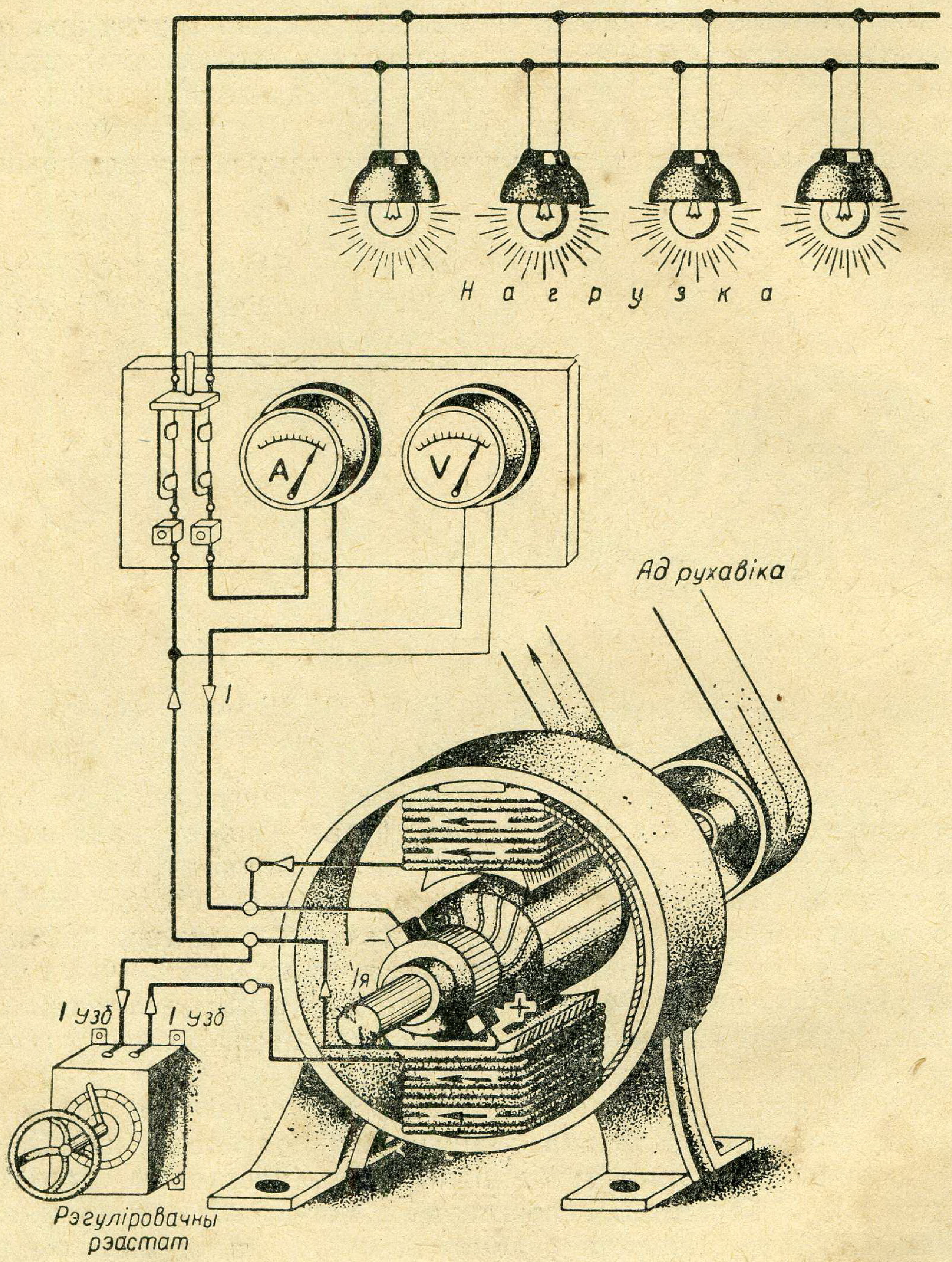
Рыс. 90. Шчоткатрымальнік са шчоткай.

Наяўнасць асобных пласцін, а не суцэльнага металу значна ўскладняе праходжанне віхравых токаў, і велічыня іх памяншаецца. Электратэхнічная сталь змяшчае крэмній, які павялічвае электрычнае супраціўленне сталі, што таксама аслабляе віхравыя токі. Такі спосаб памяншэння віхравых токаў ужываецца не толькі пры вырабе генератараў пастаяннага току, але і для іншых электрычных машын і апаратаў: сардэчнікі ўсіх трансфарматараў, электрамагнітных прыбораў, рухавікоў пераменнага току таксама вырабляюць з асобных лістоў тонкай электратэхнічнай сталі.

У з б у д ж э н н е г е н е р а т а р а ў. Для таго каб у генератары ствараць пастаянны моцны магнітны паток, па абмотках узбуджэння індуктара трэба прапускаць пастаянны, дастаткова моцны ток. У большасці генератараў абмоткі ўзбуджэння жывяцца токам, які індукцiруецца ў абмотцы якара; такія машыны называюцца г е н е р а т а р а м і з с а м а ў з б у д ж э н н е м.

Для самаўзбуджэння генератара абмотку індуктара трэба далучыць да шчотак, г. зн. да вывадаў абмоткі якара. Па спосабу далучэння гэтых абмотак адрозніваюць: а) генератары з паралельным узбуджэннем (шунтавыя генератары), дзе абедзве абмоткі злучаны паралельна (рыс. 91), б) генератары з паслядоўным узбуджэннем

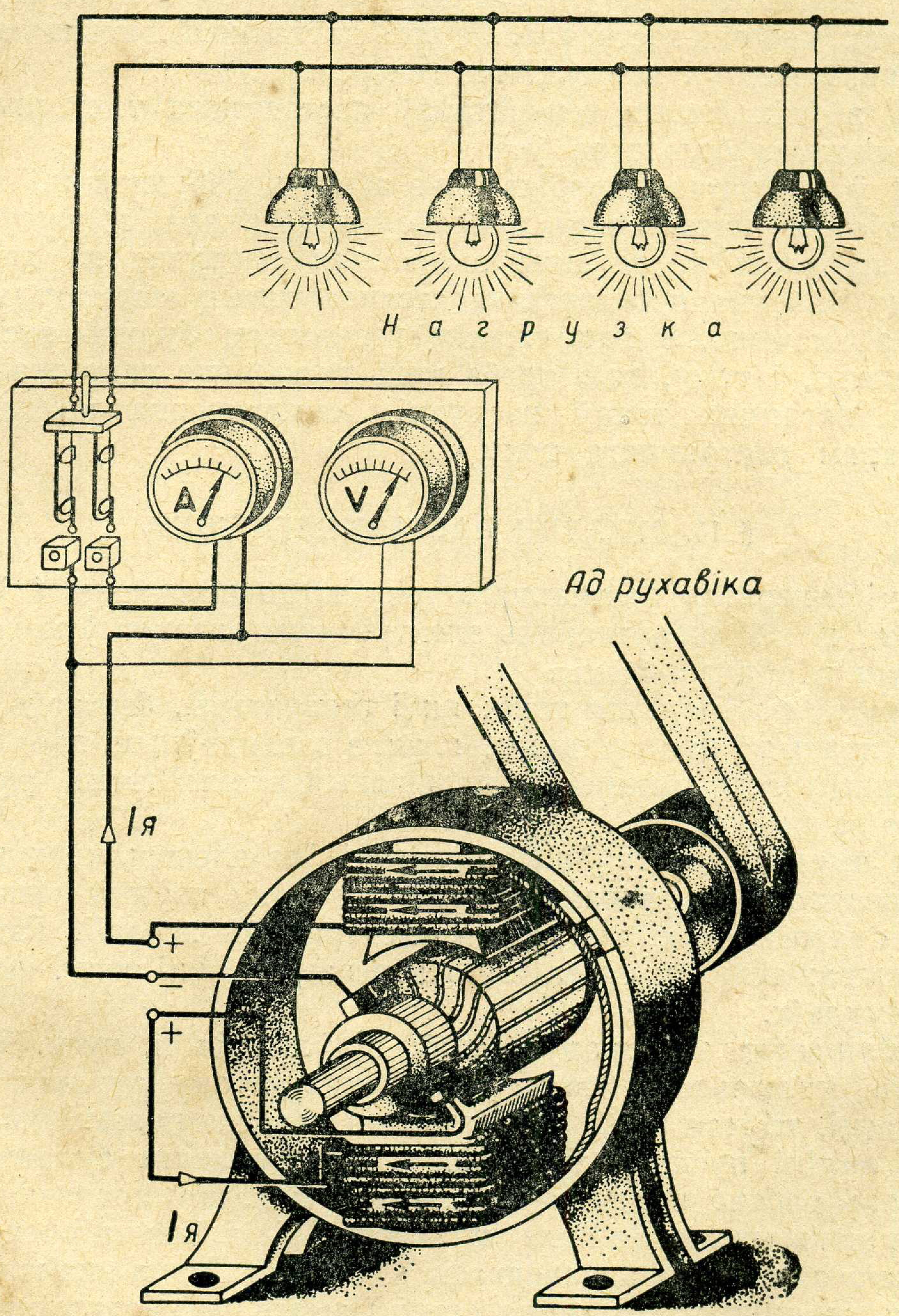
(серыесныя генератары), дзе абмоткі злучаны паслядоўна (рыс. 92), в) генератары са змешаным узбуджэннем (кампаундныя генератары) — з дзвюма абмоткамі ўзбуджэння. Адну з іх падключаюць да абмоткі якара паралельна, а другую — паслядоўна.



Рыс. 91. Генератар з паралельным узбуджэннем.

У залежнасці ад віду ўзбуджэння генератары ўладаюць неаднолькавымі ўласцівасцямі. Так, напрыклад, генератары з паслядоўным узбуджэннем, дзе ўвесь індукціруемы ў якары ток праходзіць па тоўстых абмотках узбуджэння, працуюць толькі пры

ўключанай знешняй нагрузцы (інакш разарваны электрычны ланцуг). Акрамя таго, усякае змяненне току нагрузкі абумоўлівае змяненне магнітнага поля генератара, змяняецца велічыня выходнога напружання, прычым, калі ток нагрузкі расце, то павялічваецца і напружанне (калі нагрузка не перавысіць указаную ў пашпарце).



Рыс. 92. Генератар з паслядоўным узбуджэннем.

Рэзкія ваганні выхаднога напружання ў залежнасці ад нагрузкі з'яўляюцца вельмі сур'ёзным недахопам электрычных машын пастаяннага току з паслядоўным узбуджэннем, таму ў якасці генератараў на практыцы яны амаль не выкарыстоўваюцца.

Гэтых недахопаў не мае генератар з паралельным узбуджэннем. У тонкую абмотку ўзбуджэння асобна адгаліноўваецца ток $I_{узб}$., таму генератар працуе і пры разамкнутым знешнім ланцугу. Калі ток нагрузкі расце, то ток узбуджэння, а значыць, і выхадное напружанне генератара некалькі памяншаецца. У шунтавых генератараў гэтыя ваганні напружання адносна невялікія. Уключаючы ў ланцуг узбуджэння рэгуліровачны рэастат і змяняючы ім велічыню $I_{узб}$. так, каб яна заставалася амаль пастаяннай, можна падтрымліваць нязменным і напружанне генератара.

Таму з усіх іншых генератараў пастаяннага току шунтавыя распаўсюджаны больш за ўсё.

Калі ў генератары зрабіць дзве абмоткі ўзбуджэння, адну з якіх (тоўстую) падключыць паслядоўна да якара, а другую (тонкую) — паралельна, то пры змяненнях нагрузкі на генератар у выніку ўзаемна процілеглага дзеяння гэтых абмотак магнітны паток, а значыць, і напружанне генератара будуць заставацца пастаяннымі, і таму, калі трэба мець нязменнае напружанне пры значных ваганнях токаў нагрузкі, карыстаюцца кампаундным генератарам пастаяннага току [1].

§ 15. РУХАВІКІ ПАСТАЯННАГА ТОКУ

Усякі генератар пастаяннага току можа працаваць і ў якасці рухавіка, г. зн. пераўтвараць электрычную энергію ў механічную (прынцып абарачальнасці).

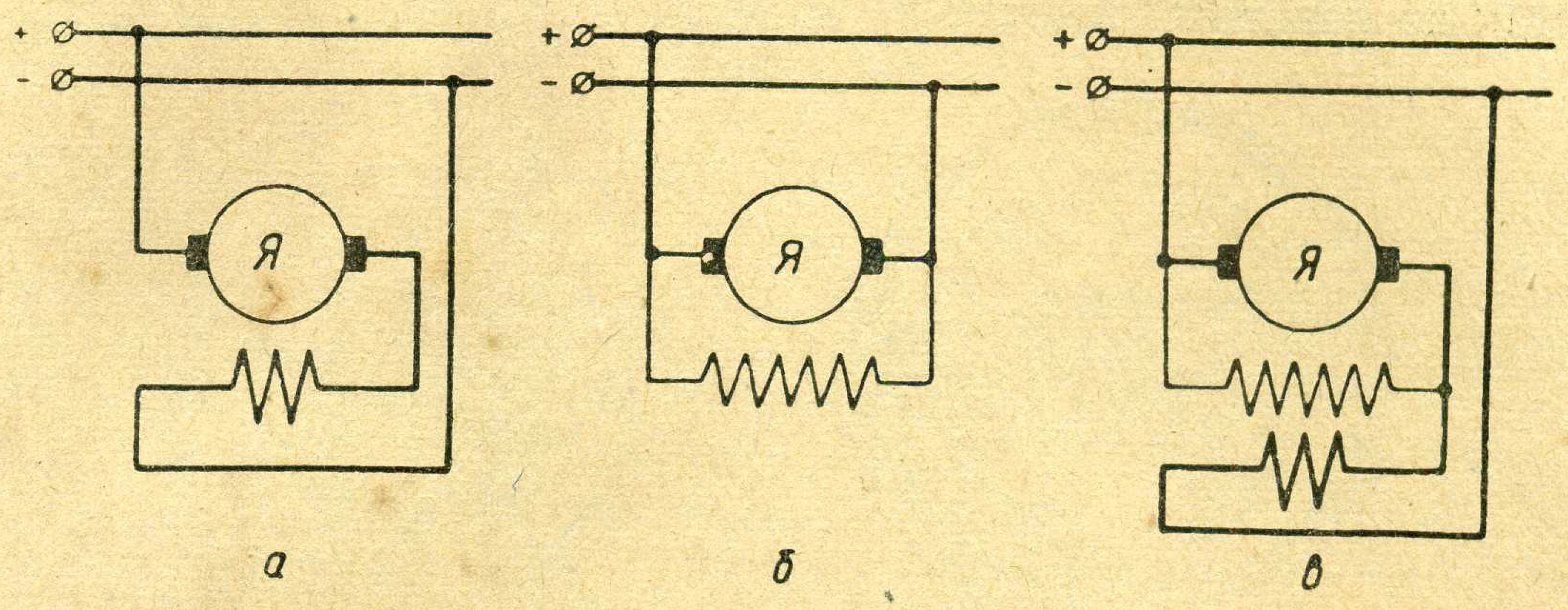
Рухавікі пастаяннага току, як і генератары, бываюць серыесныя, шунтавыя і кампаундныя, г. зн. з паслядоўным, паралельным і змешаным узбуджэннем. Спрошчаныя схемы гэтых рухавікоў дадзены на рысунку 93.

Пры змяненні механічнай нагрузкі ўсе электрычныя рухавікі ў адпаведнасці з законам захавання энергіі пэўным чынам змяняюць спажываемую колькасць электрычнай энергіі. Гэтае змяненне выражаецца ў павелічэнні або памяншэнні току, які паступае ў рухавік.

Асаблівасцю электрарухавікоў з'яўляецца іх пуск. Калі без рэастата ўключыць у сетку пастаяннага току рухавік значнай магутнасці, то гэта амаль раўназначна кароткаму замыканню і выклікае вялікі пускавы ток. Наяўнасць значнага супраціўлення якара пры рабоце рухавіка тлумачыцца тым, што праваднікі якара перасякаюць магнітнае поле індуктара і ў іх індукцыруецца электрарухаючая сіла. У адпаведнасці з законам Ленца яна накіравана супраць дзеяння напружання сеткі і амаль усё напружанне сеткі кампенсіруе. Гэтая э. р. с. называецца проціэлектрарухаючай сілай. У самім якары рухавіка ў выніку ўзнікнення проціэлектрарухаючай сілы дзейнічае напружанне ўсяго толькі ў некалькі вольт.

[1] Пры змяненні току нагрузкі ва ўсіх тыпах генератараў пастаяннага току лік абаротаў прымаецца пастаянным (намінальным).

У момант пуску рухавіка якар нерухомы. У ім процiэлектрарухаючая сіла не індукціруецца, і ў выніку вельмі малога супраціўлення абмоткі якара пускавы ток дасягае недапушчальна вялі-

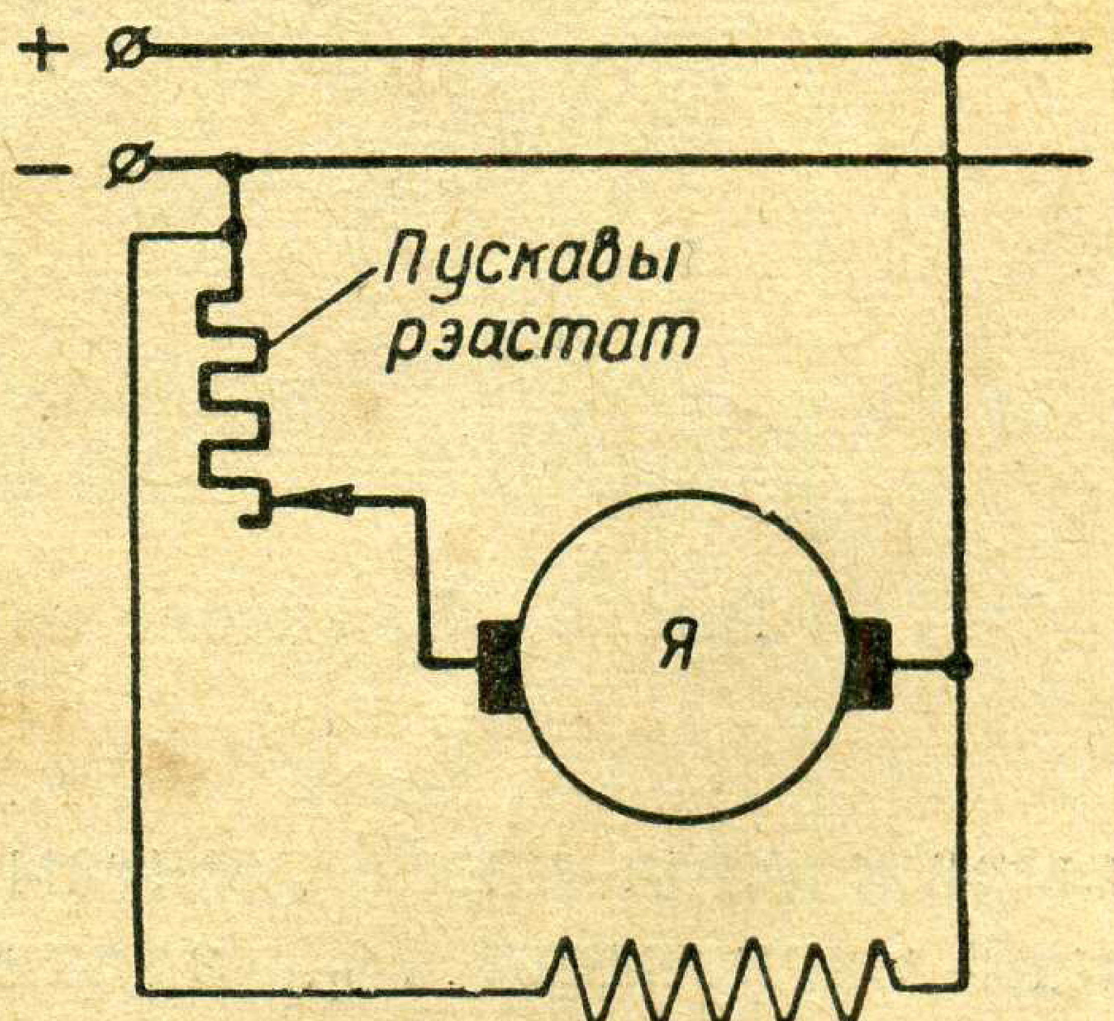


Рыс. 93. Спрошчаныя схемы рухавікоў пастаяннага току: *а* — з паслядоўным узбуджэннем, *б* — з паралельным узбуджэннем, *в* — са змешаным узбуджэннем.

кай велічыні. Каб папярэдзіць гэта, у ланцуг рухавікоў пастаяннага току значнай магутнасці паслядоўна з абмоткай якара на час пуску ўключаюць пускавы рэастат (рыс. 94). К моманту пуску рэастат уводзяць поўнасцю; з павелічэннем ліку абаротаў якара рэастат паступова выводзяць, паколькі ён становіцца непатрэбным і будзе даваць залішнія страты.

Лік абаротаў якара рухавіка пастаяннага току змяняюць шляхам змянення велічыні току ў абмотцы ўзбуджэння. Ад гэтага мяняецца магнітны паток і скорасць вярчэння якара.

Для таго каб якар рухавіка пастаяннага току пачаў вярцецца ў адваротным напрамку, трэба змяніць напрамак току ў адной з дзвюх абмоток — у абмотцы якара або ў абмотцы ўзбуджэння (рыс. 95, 96). Тады ў выніку змянення напрамку магнітнага патоку паміж полюсамі або напрамку току ў абмотцы якара зменіцца напрамак яго вярчэння. Змяненне напрамку вярчэння называецца р э в е р с і р а в а н н е м.



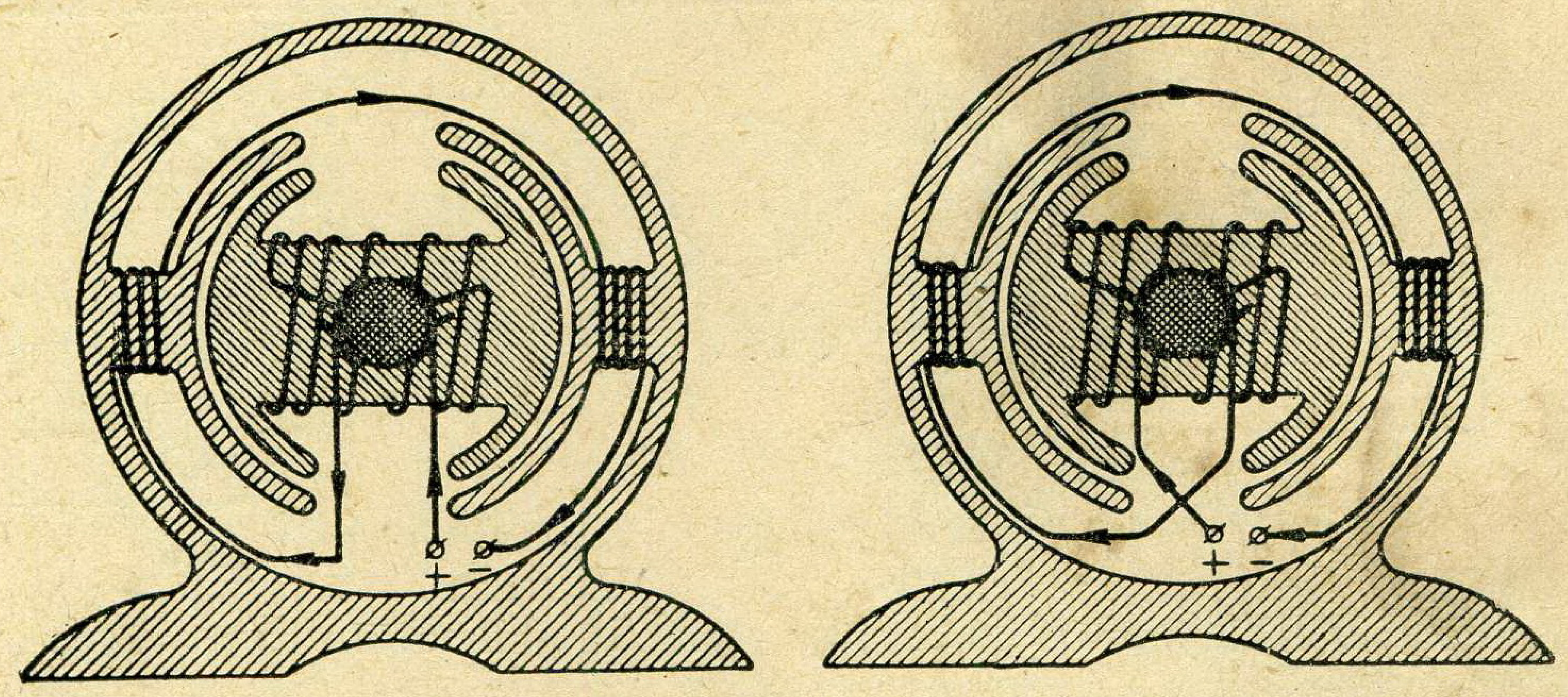
Рыс. 94. Схема пуску рухавіка пры дапамозе пускавога рэастата.

У электрычных машынах у час работы частка энергіі страчваецца, пераходзячы ў цяпло. Страты энергіі ў машынах пастаяннага току можна разбіць на тры віды:

1. Страты энергіі на пераадоленне астаткавага магнетызму пры бесперапынных перамагнічваннях сардэчніка (страты на гістарэзіс) і страты на індукціруемыя віхравыя токі.

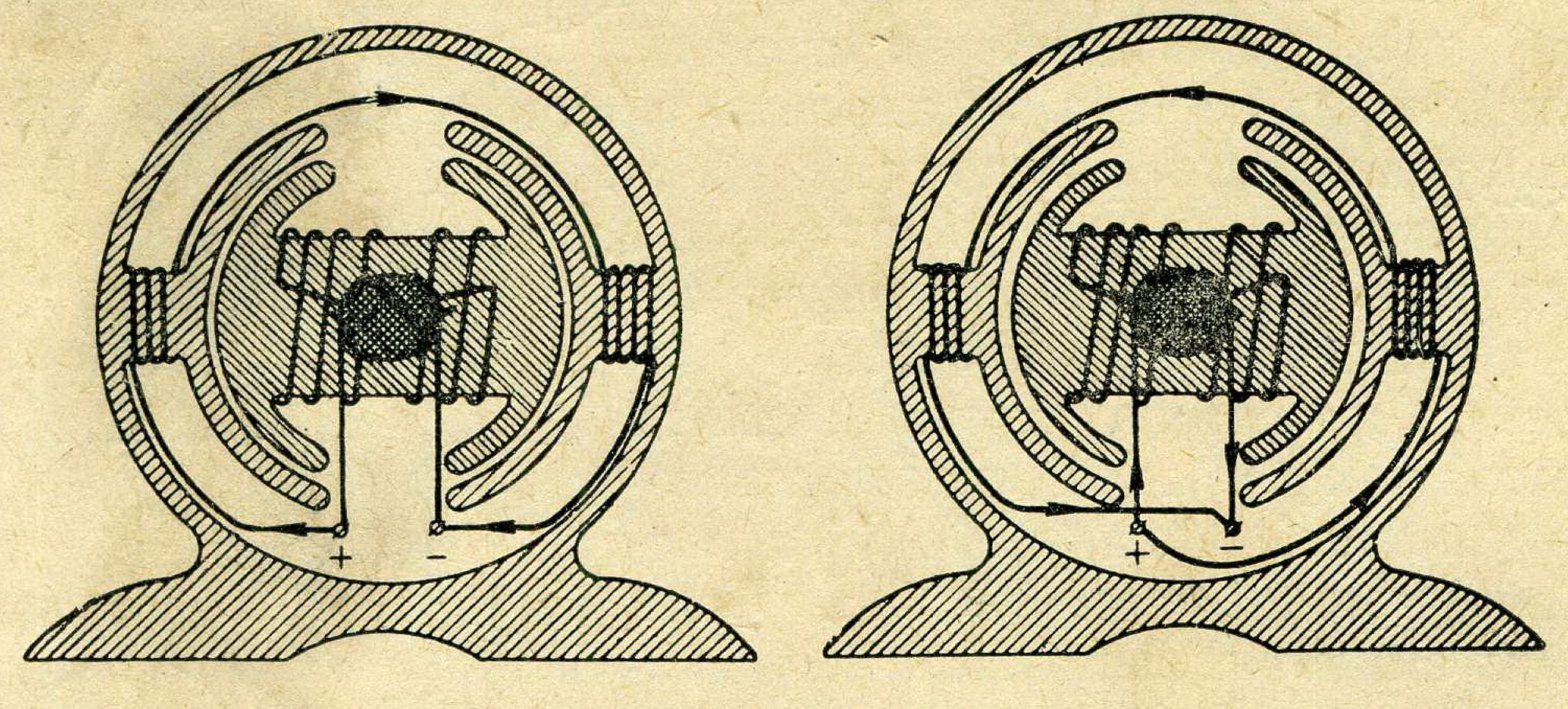
2. Страты энергіі на пераадоленне амічнага супраціўлення медзі на награванне абмотак якара і індуктара.

3. Страты энергіі на трэнне (у падшыпніках, трэнне верцячыхся частак аб паветра і шчотак па калектару).



Рыс. 95. Змяненне напрамку вярчэння рухавіка з паслядоўным узбуджэннем.

Калі да магутнасці, якая аддаецца рухавіком, дадаць магутнасць, якая ідзе на пакрыццё ўсіх страт, то можна вызначыць магутнасць, спажываемую гэтым рухавіком. Відавочна, чым менш велічыня страт, тым вышэй эфектыўнасць работы рухавіка. Яна



Рыс. 96. Змяненне напрамку вярчэння рухавіка з паралельным узбуджэннем.

выражаецца каэфіцыентам карыснага дзеяння — адносінай карыснай магутнасці P_2, аддадзенай рухавіком, да поўнай магутнасці P_1, якую ён спажывае пры рабоце:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100(\%).$$

Пры халастым ходзе к. к. дз. рухавіка ровен нулю. Пры павелічэнні нагрузкі ён хутка расце, дасягаючы найбольшага значэння пры нагрузцы, роўнай 75—90% намінальнай магутнасці рухавіка. У залежнасці ад магутнасці рухавікоў каэфіцыент карыснага

дзеяння іх вагаецца ў межах ад 70 да 90%, прычым большыя к. к. дз. маюць больш моцныя машыны.

§ 16. РУХАВІК З ПАСЛЯДОЎНЫМ УЗБУДЖЭННЕМ (СЕРЫЕСНЫ)

У рухавікоў з паслядоўным узбуджэннем абмотка якара злучана з абмоткай узбуджэння паслядоўна, што і абумоўлівае характэрныя асаблівасці гэтага рухавіка. Так, напрыклад, павелічэнне механічнай нагрузкі прыводзіць да павелічэння току, спажываемага якарам, і да значнага павелічэння верцячага моманту рухавіка. Тлумачыцца гэта тым, што ўзросшы ток якара, праходзячы па абмотках індуктара рухавіка, узмацняе яго магнітнае поле, таму значна ўзрастаюць сілы ўзаемадзеяння паміж магнітным полем і токам у абмотцы якара. У выніку гэтага верцячы момант рухавіка павялічваецца. Серыесны рухавік пастаяннага току вельмі добра працуе пры павелічэнні (у пэўных межах) нагрузкі, прычым лік абаротаў яго якара пры гэтым памяншаецца. Таму розныя транспартныя машыны, забяспечаныя серыесным рухавіком, кранаюцца з месца пры поўнай нагрузцы вельмі плаўна і без рыўкоў, лёгка пераадольваючы ўзнікаючыя сілы інерцыі, пад'ёмы і г. д. У гэтых рухавікоў вялікі пускавы верцячы момант, а таму яны шырока выкарыстоўваюцца ў электрычнай цязе.

Рухавікі з паслядоўным узбуджэннем маюць істотны недахоп: пры значным памяншэнні нагрузкі лік абаротаў якара ў выніку аслаблення магнітнага патоку, а значыць, і памяншэння велічыні проціэлектрарухаючай сілы значна ўзрастае, рухавік ідзе «у разнос», што можа прывесці да аварыі. Аб гэтым трэба памятаць і не запускаць серыесныя рухавікі «ўхаластую», г. зн. без нагрузкі.

§ 17. РУХАВІК З ПАРАЛЕЛЬНЫМ УЗБУДЖЭННЕМ (ШУНТАВЫ)

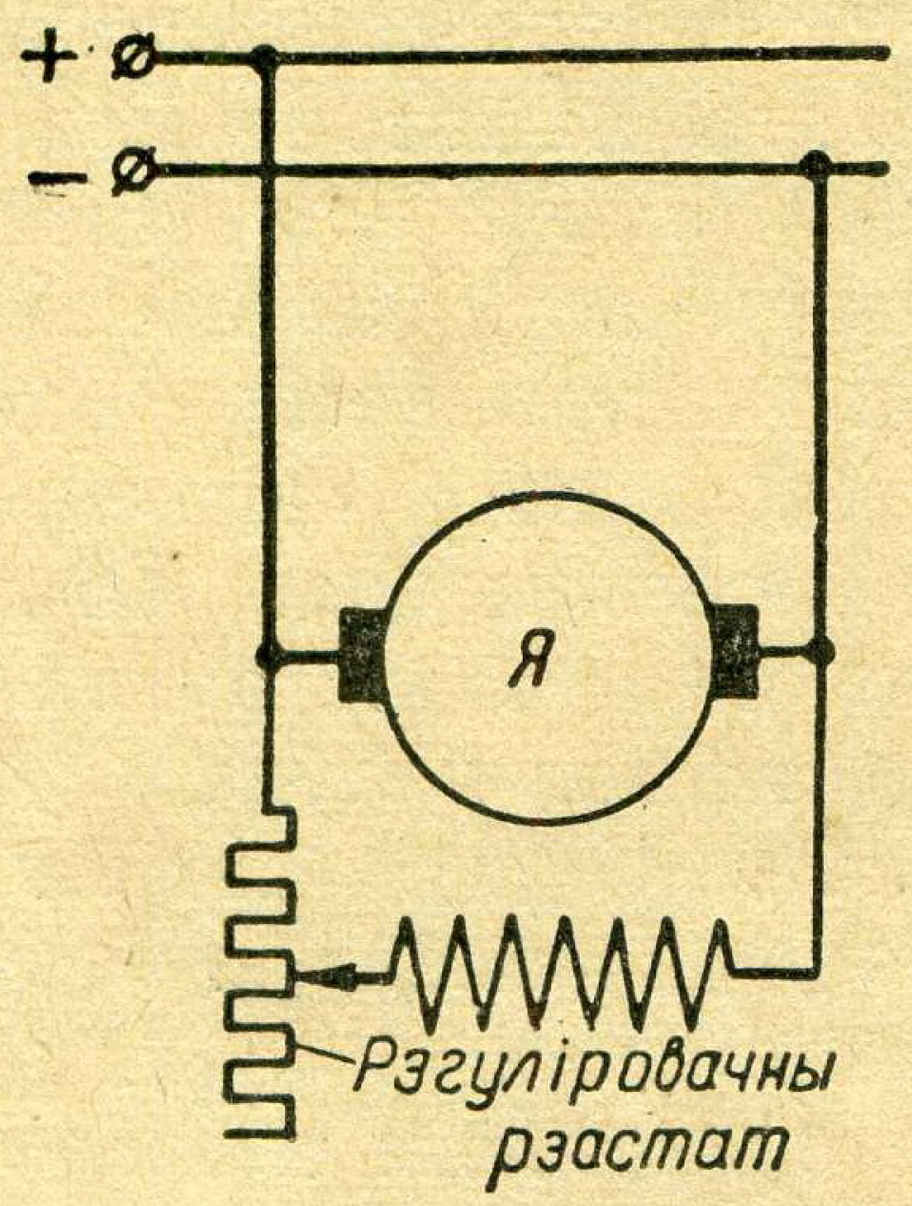
У шунтавога рухавіка абмотка ўзбуджэння і абмотка якара падключаны паралельна да крыніцы току. Паколькі супраціўленне абмоткі ўзбуджэння і напружанне крыніцы пры рабоце рухавіка амаль не змяняецца, велічыня току ў абмотцы ўзбуджэння, а значыць, і магнітны паток у рухавіку застаюцца амаль нязменнымі. Гэта забяспечвае на ўвесь час работы рухавіка індукціраванне нязмененай проціэлектрарухаючай сілы і практычна пастаянны лік абаротаў яго якара нават пры значных ваганнях механічнай нагрузкі на рухавік (ток праз абмотку якара будзе змяняцца прапарцыянальна нагрузцы).

Асноўнай перавагай шунтавога рухавіка з'яўляецца лёгкасць плаўнага рэгулявання яго абаротаў у шырокіх межах. Для гэтага дастаткова ўключыць паслядоўна ў абмотку ўзбуджэння рэгуліровачны рэастат (рыс. 97) і змяняць ім велічыню току ўзбуджэння. Пры гэтым трэба памятаць, што пры ўвядзенні рэастата

супраціўленне ланцуга ўзбуджэння будзе павялічвацца, ток у ім і магнітны паток рухавіка будзе памяншацца і ў якары стане індукціравацца меншая проціэлектрарухаючая сіла. Ад памяншэння яе ток у якары ўзрасце і скорасць яго вярчэння павялічыцца. Наадварот, пры памяншэнні супраціўлення рэастата лік абаротаў рухавіка памяншаецца.

К моманту пуску шунтавога рухавіка рэгуліровачны рэастат трэба поўнасцю вывесці, а пускавы — увесці.

Калі разамкнуць ланцуг узбуджэння шунтавога рухавіка ў час яго работы, то магнітны паток рухавіка рэзка паменшыцца да патоку астаткавага магнетызму. У выніку гэтага проціэлектрарухаючая сіла ў якары амаль знікне, на абмотку якара пачне дзейнічаць поўнае напружанне сеткі, з прычыны чаго значна ўзрасце (да небяспечнай велічыні) ток у якары і, калі малая нагрузка, лік абаротаў. Таму пры рабоце шунтавых рухавікоў трэба ўважліва сачыць за спраўнасцю ланцуга ўзбуджэння, асабліва за кантактамі ў рэгуліровачным рэастаце.



Рыс. 97. Схема рэгулявання абаротаў шунтавога рухавіка пры дапамозе рэастата.

Другім недахопам шунтавых рухавікоў з'яўляецца малы верцячы момант у час пуску, і таму ў час запуску нельга даваць поўную нагрузку.

Некаторыя недахопы, уласцівыя як серыесным, так і шунтавым рухавікам, устаранены ў кампаунднага рухавіка пастаяннага току. Аднак схема гэтага рухавіка даволі складаная, што абцяжарвае кіраванне яго работай і падарожвае выраб.

§ 18. ПАНЯЦЦЕ АБ ПЕРАМЕННЫМ ТОКУ

Як вядома з курса фізікі, пераменным токам называецца такі ток, які неперарыўна мяняе сваю велічыню і свой напрамак. У сучаснай энергетыцы моцных токаў ужываюцца перыядычныя сінусаідальныя пераменныя токі. Тлумачыцца гэта тым, што такія токі лягчэй за ўсё выпрацоўваць (для гэтага дастаткова вярцець з пастаяннай скорасцю замкнутыя праваднікі ў раўнамерным магнітным полі), яны лёгка пераўтвараюцца і валодаюць радам іншых добрых якасцей. Генератары пераменнага току ў адрозненне ад генератараў пастаяннага току замест калектара на вале маюць два суцэльныя металічныя кольцы. Да гэтых кольцаў прыпаяны канцы абмоток якара, а да паверхні кольцаў прыціснуты шчоткі, адводзячыя пераменны ток у знешні ланцуг.

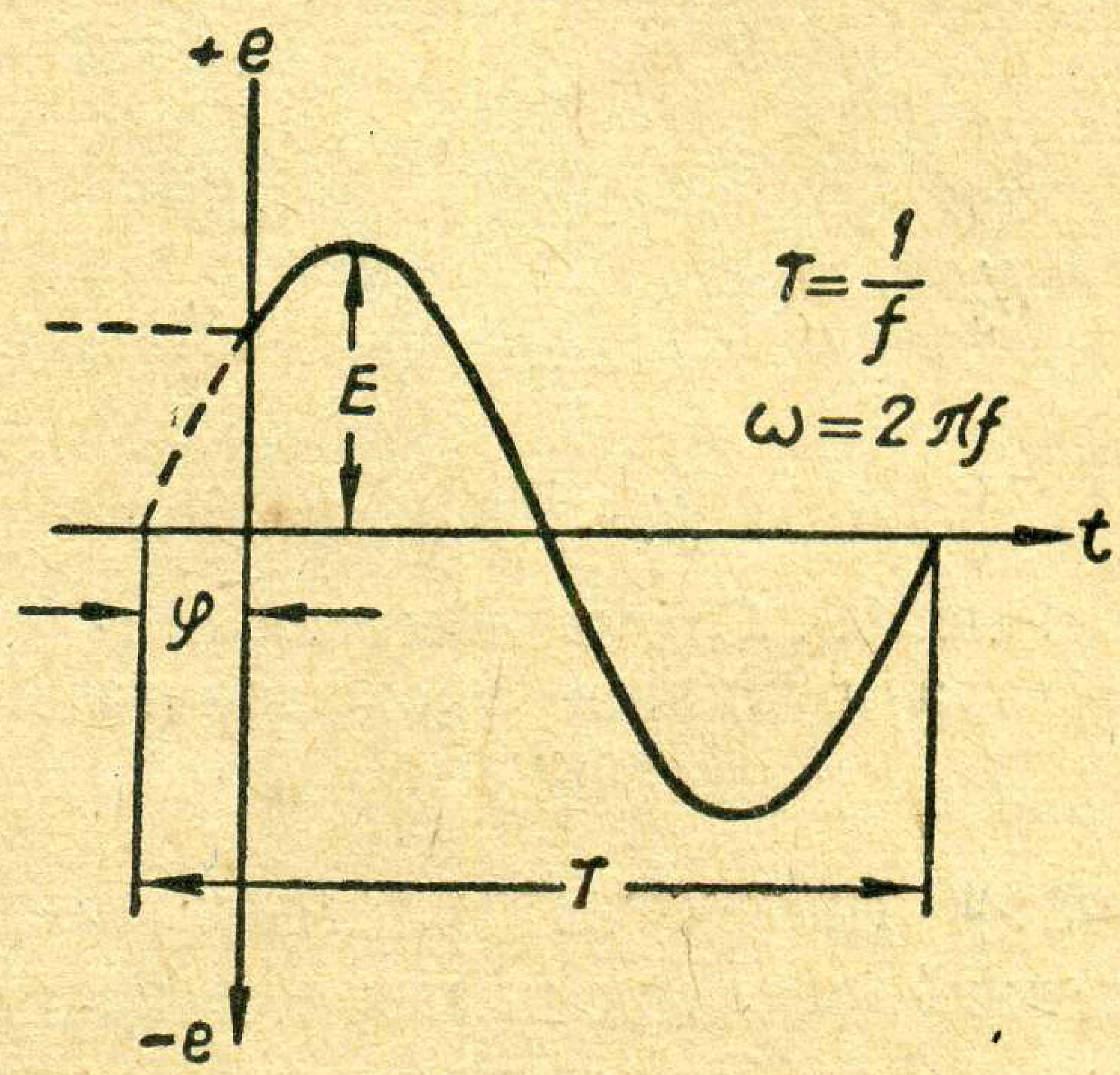
Пры вярчэнні якара такога генератара ў яго абмотцы ў кожны момант індукціруецца сінусаідальная э. р. с. (імгненнае значэнне, e).

Яна характарызуецца чатырма велічынямі: перыядам T, частатой f, амплітудай E і фазай φ (рыс. 98). Сэнс гэтых велічынь трэба добра ўяўляць.

Упершыню пераменны ток выкарыстаў выдатны рускі электратэхнік П. Н. Яблачкаў для жыўлення вынайдзеных ім вугальных свечаў. Вывучаючы прымяненне пераменнага току ў тэхніцы, рускі інжынер-электратэхнік М. О. Даліва-Дабравольскі ў канцы мінулага стагоддзя распрацаваў сістэмы трохфазнага току і ажыццявіў на практыцы перадачу трохфазнага пераменнага току на значную адлегласць (175 *км*).

Трохфазнай сістэмай пераменнага току называецца звязаная сістэма з трох электрычных ланцугоў пераменнага току, электрарухаючыя сілы якіх маюць аднолькавыя амплітуду і частату, але ссунуты па фазе на $^1/_3$ перыяду адна ад другой ($\varphi = 120°$).

Аднафазны і трохфазны ток вырабляецца ў генератарах пераменнага току з пэўнай схемай злучэння статарных абмотак, пэўным лікам полюсаў і зададзенай пастаяннай скорасцю вярчэння магнітнага ротара для атрымання прамысловай частаты ў 50 *гц* (сінхронныя генератары).



Рыс. 98. Перыядычны сінусаідальны ток.

Трохфазны пераменны ток цяпер вельмі распаўсюджан, паколькі трохфазная сістэма забяспечвае больш эканомную перадачу і выкарыстанне электрычнай энергіі.

Адзначым асноўныя перавагі трохфазнай сістэмы перад аднафазнай:

1) эканомія ў правадах на 35% пры будаўніцтве ліній электраперадачы аднолькавых магутнасцей;

2) трохфазны генератар на 25—30% танней, чым аднафазны генератар роўнай магутнасці;

3) трохфазная сістэма дае магчымасць мець у кожным месцы ўстаноўкі спажыўцоў два розныя па велічыні напружанні;

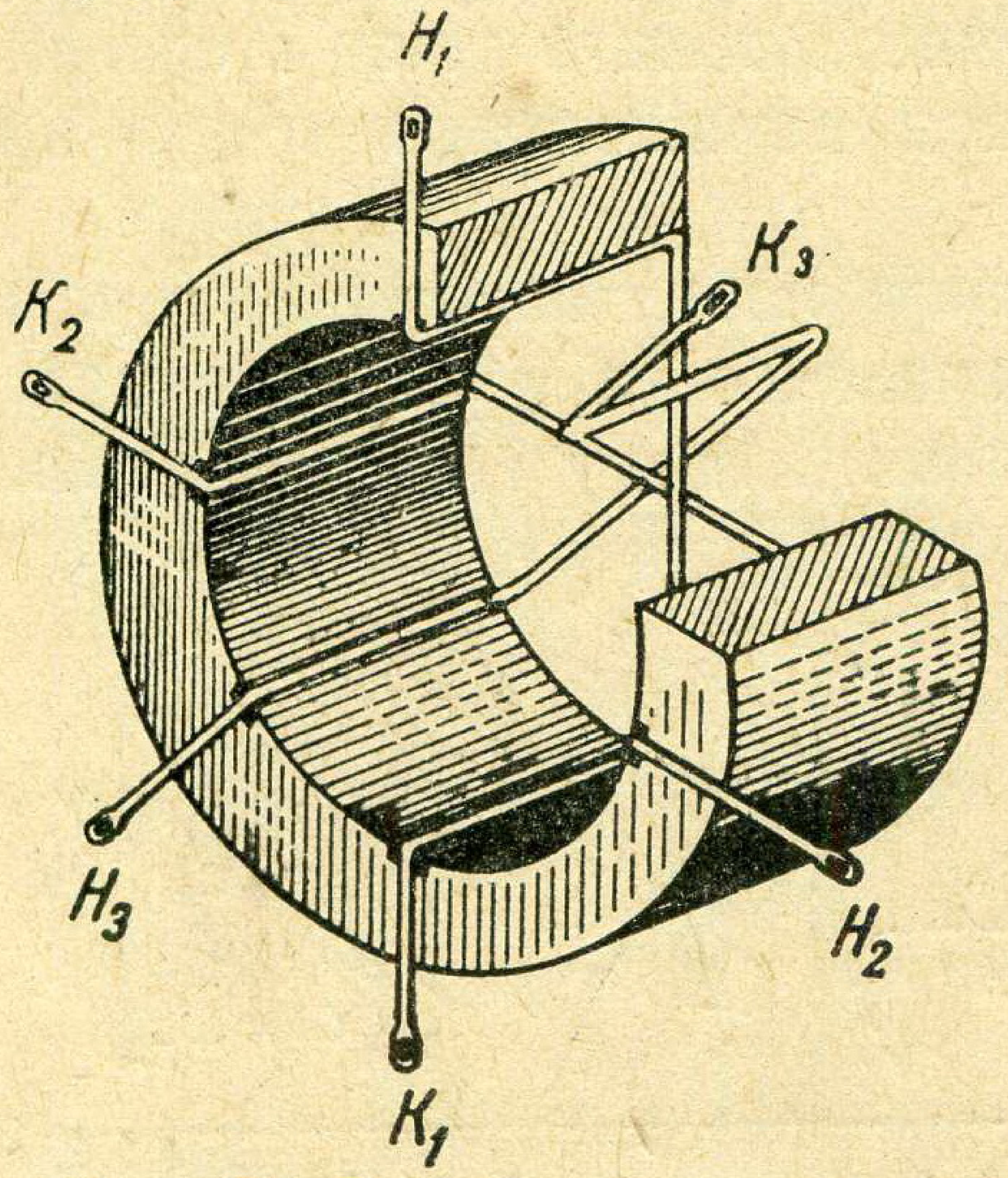
4) канструкцыя рухавікоў трохфазнага току значна прасцей аднафазных. Гэтае спрошчанне дасягнута таму, што трохфазны ток, праходзячы па статарных абмотках рухавіка, стварае ў ім верцячаеся магнітнае поле, за якім імкнецца ісці набраны з металічных пласцін ротар.

§ 19. ВЕРЦЯЧАЕСЯ МАГНІТНАЕ ПОЛЕ

Разгледзім, як утвараецца верцячаеся магнітнае поле ў рухавіку трохфазнага току. Нерухомая частка рухавіка — статар мае тры фазныя абмоткі I, II, III, змешчаныя на 120° адна адносна другой (рыс. 99). Калі гэтыя абмоткі ўключыць у сетку трохфазнага току, то па іх будуць праходзіць токі, узаемныя змяненні

якіх паказаны на рысунку 100 трыма сінусоідамі. Токі i_1, i_2 і i_3 будуць ствараць магнітныя палі, якія, складваючыся, утвараюць рэзульціруючае магнітнае поле рухавіка. Вызначым напрамак гэтага поля для некалькіх момантаў часу, напрыклад для t_1, t_2, t_3 і t_4 (рыс. 100).

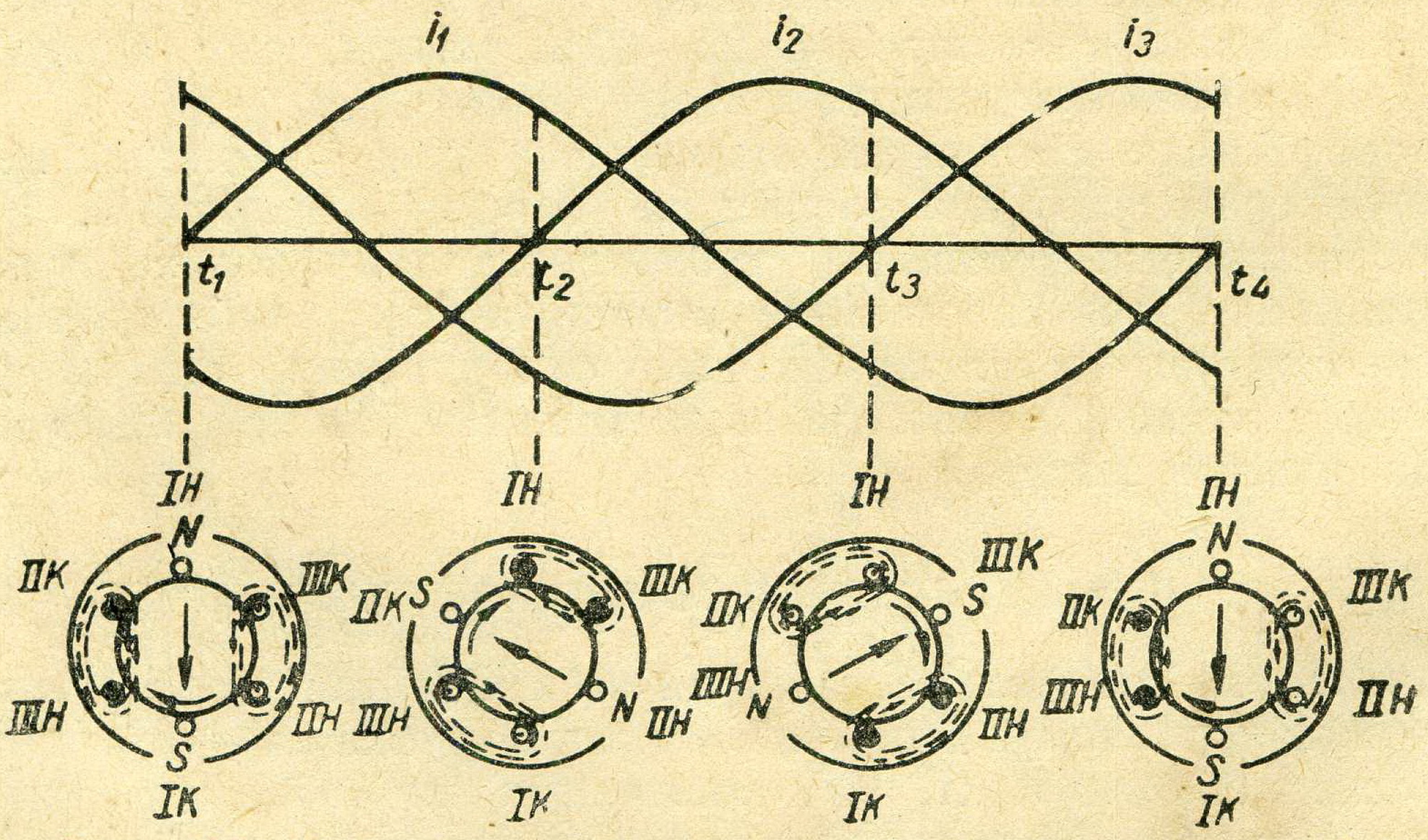
Для кожнага моманту часу нанясём на рысунку напрамак токаў у фазных абмотках і магнітныя сілавыя лініі ўтвараемага імі поля. За дадатны напрамак току прымем рух яго ад пачатку да канца абмоткі, а за адмоўны, наадварот,— ад канца да пачатку.



Рыс. 99. Схема абмотак статара рухавіка трохфазнага току.

Абазначым крыжыкамі і пунктамі напрамак гэтых токаў на ізабражэнні абмоткі статара, нанясём, карыстаючыся правілам свярдзёлка, магнітныя сілавыя лініі гэтых токаў. У выніку выявім, што у пачатковы момант часу t_1 сумарнае рэзульціруючае магнітнае поле ўнутры статара накіравана вертыкальна — зверху ўніз.

У момант часу t_2 ток у абмотцы II ужо будзе ровен нулю. У абмотцы I ён дадатны, а ў абмотцы III адмоўны. Пабудаваўшы і для гэтага моманту часу па ўстаноўленых вышэй правілах магнітныя палі гэтых токаў, няцяжка пераканацца, што напрамак рэзульціруючага магнітнага поля павярнуўся на 120°. Калі выканаць аналагічныя пабудаванні для момантаў часу t_3 і t_4 і разгледзець усю схему цалкам, то можна ўбачыць, што полюсы N і S рэзульціруючага магнітнага поля бесперапынна перамяшчаюцца па паверхні статара, г. зн.



Рыс. 100. Схема стварэння вярцячагася магнітнага поля ў статары рухавіка.

у статары ствараецца верцячаеся магнітнае поле, прычым за адзін перыяд пераменнага току гэтае поле робіць адзін абарот.

Наяўнасць верцячагася магнітнага поля можна выявіць, калі абмотку статара ўключыць у трохфазную сетку і ўставіць замест ротара металічны цыліндр на восі, папярэдне трохі яго раскруціўшы. Цыліндр, уцягваемы магнітным полем, таксама пачынае вярцецца.

§ 20. ПРЫНЦЫП ДЗЕЯННЯ АДНАФАЗНАГА РУХАВІКА ПЕРАМЕННАГА ТОКУ

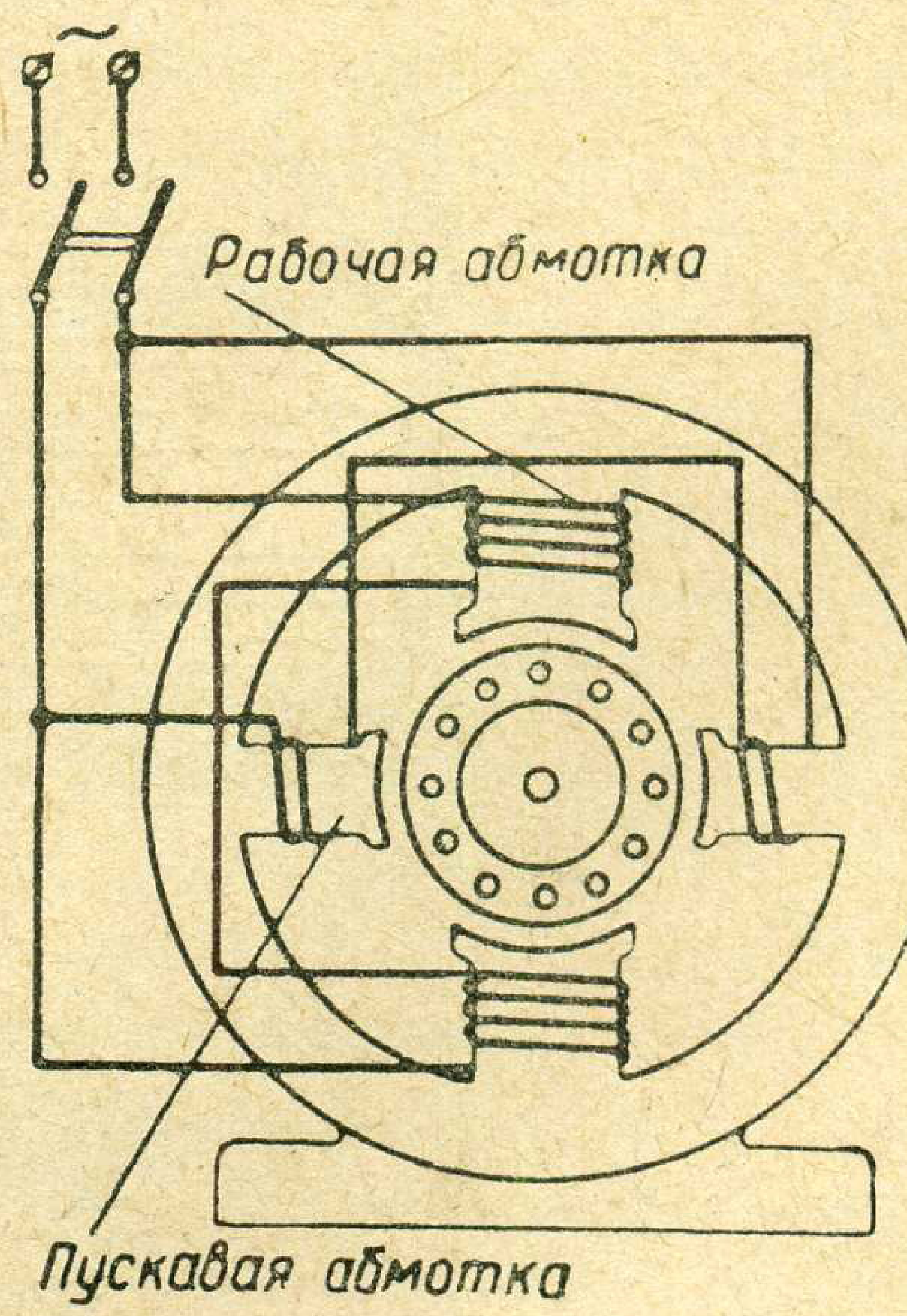
Акрамя трохфазных рухавікоў, некаторае распаўсюджанне (асабліва ў быту) атрымалі і аднафазныя рухавікі пераменнага току. Асноўнымі часткамі іх з'яўляецца статар і ротар, які мае такую ж будову, як у трохфазным рухавіку.

У пазы статара аднафазнага рухавіка ўкладваюць абмотку, размеркаваную раўнамерна па акружнасці. Пераменны ток, праходзячы па такой абмотцы, утварае ў рухавіку не верцячаеся магнітнае поле, а толькі пульсуючае, напрамак якога двойчы за перыяд мяняецца на адваротны. Такое поле не можа зрушыць ротар рухавіка з месца. Калі ж пры дапамозе знешняй механічнай сілы прывесці ротар у вярчэнне, то тады ён будзе падхоплен гэтым полем і пачне вярцецца.

Аднак пуск аднафазнага рухавіка знешняй сілай не зручны, а таму ў статар гэтых рухавікоў, акрамя асноўных (рабочых) абмотак, закладваюць яшчэ дапаможныя (пускавыя) абмоткі; пры дапамозе гэтых пускавых абмотак у момант пуску ў рухавіку ўзнікае верцячаеся магнітнае поле. Размяшчэнне гэтых абмотак у статары рухавіка паказана на рысунку 101.

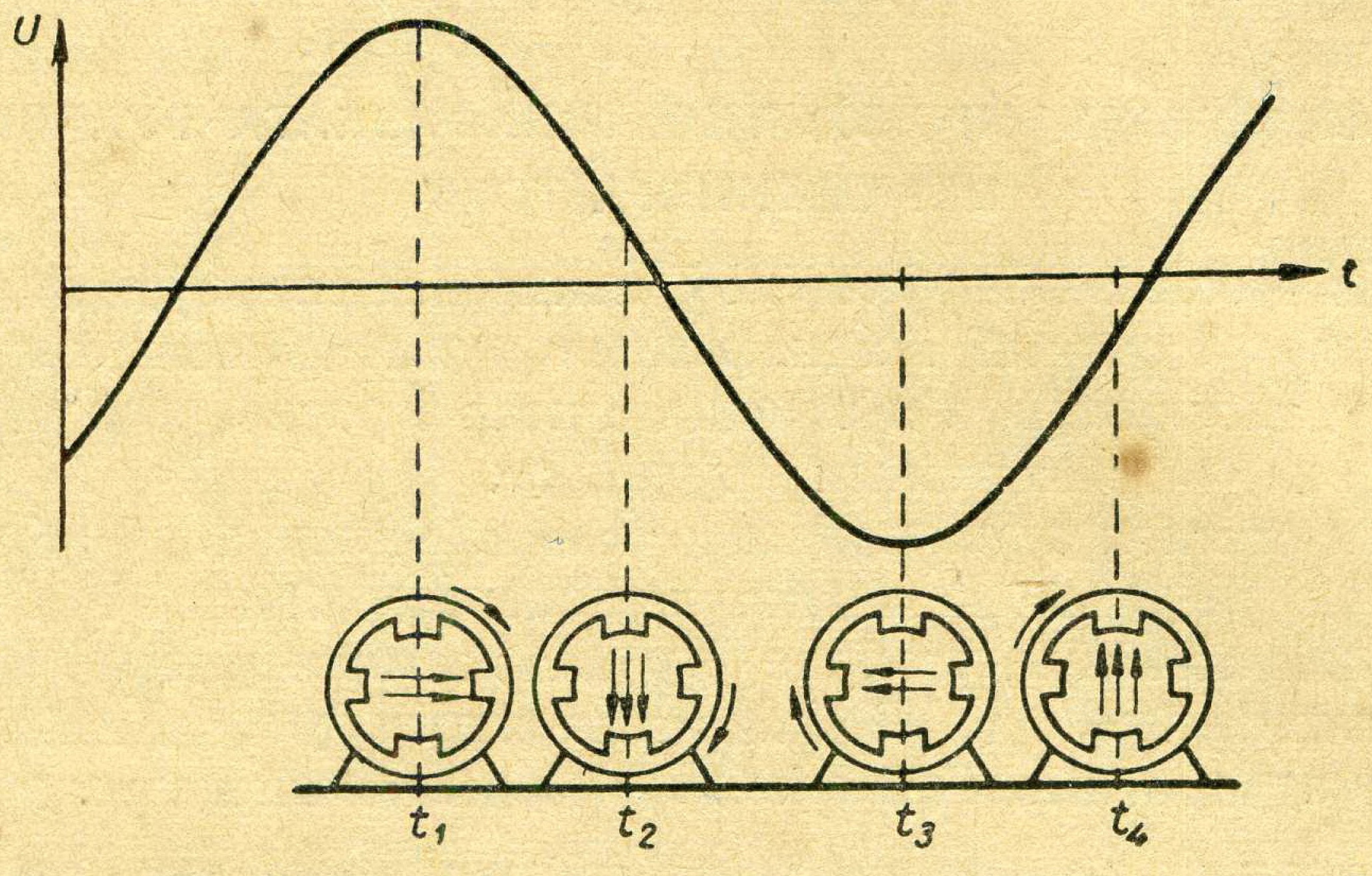
Як вядома, кожная абмотка, акрамя актыўнага супраціўлення яе провaду, уладае яшчэ і пэўным індуктыўным супраціўленнем — індуктыўнасцю, абумоўліваючай зрух фаз паміж напружаннем і токам, праходзячым па абмотцы. Пры гэтым зрух фаз тым большы, чым большая індуктыўнасць абмоткі.

Гэта выкарысталі для стварэння верцячагася магнітнага поля ў аднафазных рухавіках. Адну яго абмотку (рабочую) вырабляюць з большым лікам віткоў, таму яна мае большую індуктыўнасць і зрух фаз паміж напружаннем і токам, якія пераўзыходзіць 45°. Лік віткоў пускавой абмоткі значна меншы за лік віткоў рабочай абмоткі, таму індуктыўнасць яе, а значыць, і зрух фаз паміж напружаннем і токам у ёй вельмі малы.



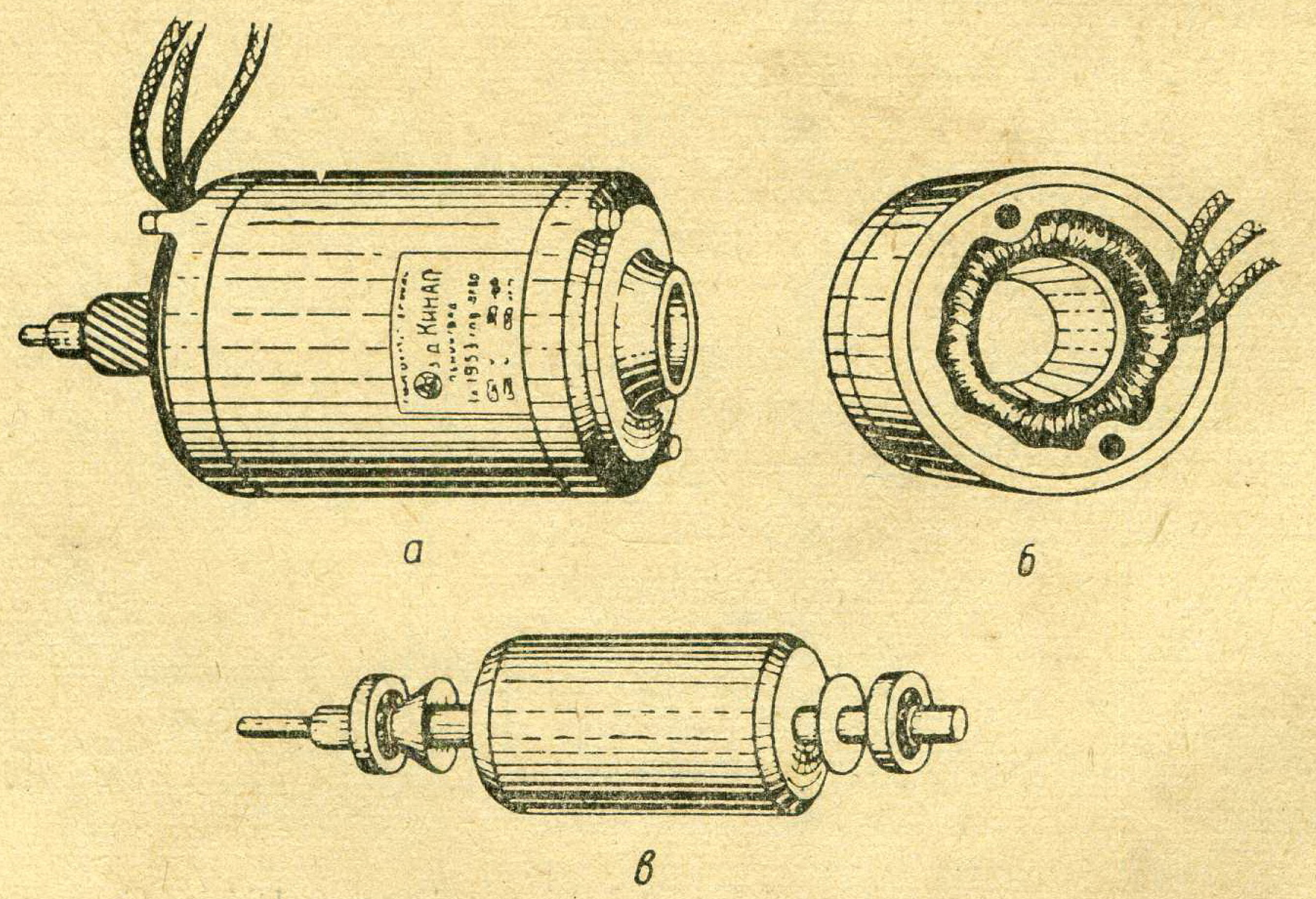
Рыс. 101. Схема размяшчэння абмотак аднафазнага асінхроннага рухавіка.

При жыўленні абедзвюх абмотак паралельна ад адной фазы пераменнага току ў пускавой абмотцы максімум напружання настае амаль адначасова з максімумам току, тады як у рабочай абмотцы ток у гэтыя моманты толькі нарастае, дасягаючы свайго максімуму толькі праз $^1/_8$ частку перыяду (45°). Калі ўлічыць, што



Рыс. 102. Узнікненне верцячагася магнітнага поля ў абмотцы статара аднафазнага рухавіка пераменнага току.

гэтыя абмоткі размешчаны не побач, а на пэўнай адлегласці па акружнасці статара, то стане ясным, што максімальнае магнітнае поле спачатку ўзнікае паміж полюсамі з пускавой абмоткай, а потым (праз пэўную частку перыяду) — паміж полюсамі з рабочай абмоткай. З прычыны гэтага маем вярчэнне поля па акружнасці статара (рыс. 102); магнітнае поле, перасякаючы абмоткі ротара,



Рыс. 103. Аднафазны асінхронны рухавік: *а* — агульны выгляд, *б* — статар, *в* — ротар.

прымусіць яго таксама вярцецца. Гэта дае магчымасць пускаць аднафазны рухавік без папярэдняга раскручвання знешняй сілай.

У статарах аднафазных асінхронных рухавікоў (рыс. 103) пры тэхнічным вырабе праваднікі абедзвюх абмотак змяшчаюць не на полюсах, а ўкладваюць у падоўжныя пазы ўнутранай паверхні яго на адпаведнай адлегласці адны ад другіх. Пры такім размяшчэнні ў суцэльным кольцавым статары ствараецца пэўная цотная колькасць полюсаў, выклікаючых верцячаеся магнітнае поле.

Ужываюць і іншыя спосабы стварэння ў статары аднафазных рухавікоў верцячагася магнітнага поля, але ўсе яны грунтуюцца на выкарыстанні з'явы зруху фаз.

Скорасць вярчэння ротара аднафазнага рухавіка залежыць галоўным чынам ад частаты пераменнага току, якім жывіцца рухавік, і ліку полюсаў, гэтая скорасць намнога мяняецца пры змяненні нагрузкі рухавіка.

Аднафазныя асінхронныя рухавікі вырабляюць у асноўным невялікіх магутнасцей; у прамысловасці яны ўжываюцца параўнальна рэдка, паколькі маюць нізкі к. к. дз. і каштуюць даражэй, чым трохфазныя рухавікі роўнай магутнасці.

Іх выкарыстоўваюць для кінаперасовак, электрычнага прыводу швейных і пральных машын і для некаторых іншых бытавых электрамеханічных прыбораў.

§ 21. БУДОВА І ПРЫНЦЫП ДЗЕЯННЯ ТРОХФАЗНАГА АСІНХРОННАГА РУХАВІКА

Будова рухавіка. Трохфазныя асінхронныя рухавікі складаюцца з дзвюх асноўных частак: нерухомай часткі — статара і рухомай часткі — ротара. Статары ўсіх тыпаў асінхронных рухавікоў па прынцыпу будовы амаль не адрозніваюцца, тады як паміж іх ротарамі ёсць значнае адрозненне.

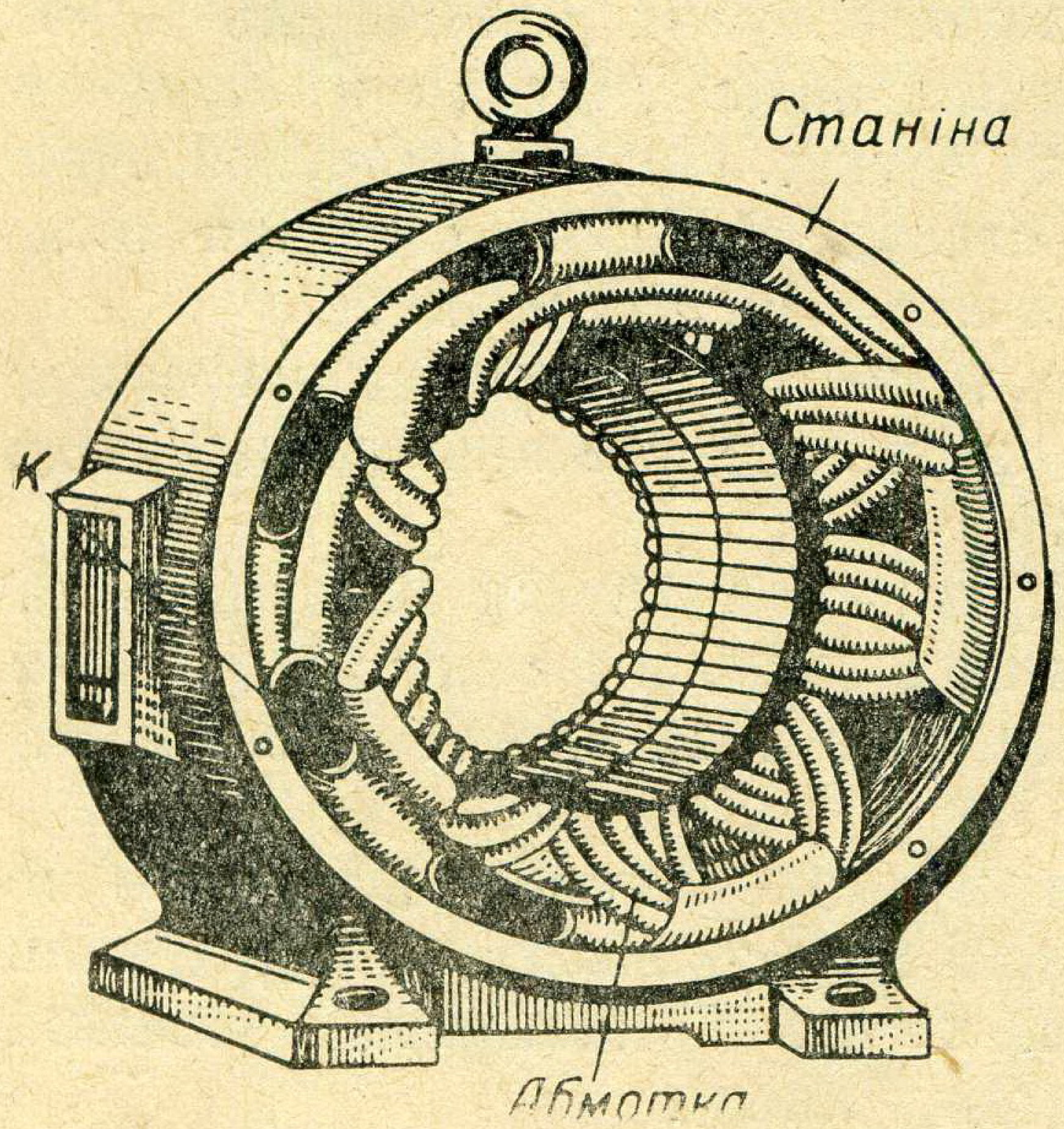
Статар асінхроннага рухавіка (рыс. 104) складаецца з станіны (корпуса), у сярэдзіну якой устаўлен сардэчнік у выглядзе пустацелага стальнога цыліндра з пазамі. У іх закладваюць трохфазныя абмоткі статара, зробленыя з ізаляванага проваду. Шэсць канцоў абмоткі статара (па два ад кожнай фазы «пачатак» і «канец») выводзяць на клемны шчыток рухавіка.

Ротар якога-небудзь тыпу асінхроннага рухавіка складаецца з сардэчніка, шчыльна насаджанага на вал, і абмоткі.

Абмотка каротказамкнутага ротара складаецца з тоўстых неізаляваных медных стрыжняў, укладзеных у яго пазы. Канцы гэтых стрыжняў, выступаючыя з пазоў па абодвух баках ротара, замыкаюць паміж сабой накоратка тоўстымі меднымі кольцамі. Іменна таму такая абмотка называецца каротказамкнутай. Часам яе называюць яшчэ «вавёркавым колам». Ротар з абмоткамі падобнага тыпу паказан на рысунку 105, *а* і *б*.

У апошні час для спрашчэння тэхналогіі вытворчасці асінхронных рухавікоў стрыжні і замыкаючыя кольцы каротказамкнутай

абмоткі вырабляюць з алюмінію, які ў вадкім стане заліваюць у форму з сардэчнікам ротара. У форме каля кольцаў пакідаюць дадаткова вузкія шчыліны. Алюміній запаўняе іх, і ў выніку гэтага з абодвух бакоў ротара, акрамя кольцаў, утвараюцца невялікія лопасці вентылятараў (рыс. 105, *в*). Наяўнасць іх забяспечвае надзейнае ахаладжэнне рухавіка пры вярчэнні ротара.



Рыс. 104. Статар асінхроннага рухавіка трохфазнага току.

Кольцы і стрыжні алюмініевай абмоткі добра праводзяць індукціруемы ток і адначасова змацоўваюць стальныя дыскі, з якіх складзен сардэчнік ротара.

Абмотка фазнага ротара падобна да абмоткі статара рухавіка. Яна таксама складаецца з трохфазных абмотак; тры канцы гэтых абмотак злучаюцца на ротары ў адзін пункт, а тры іншыя канцы далучаюць да трох кантактавых кольцаў. Гэтыя кольцы замацаваны на вале ротара і ізаляваны як паміж сабой, так і ад вала (рыс. 106), рухавікі такога віду атрымалі таксама назву рухавікоў з кантактавымі кольцамі.

Перад пускам рухавіка ў ход да кольцаў ротара прыціскаюць вугальныя шчоткі, злучаныя з пускавым трохсекцыйным рэастатам — па адной секцыі на кожную фазу абмоткі ротара.

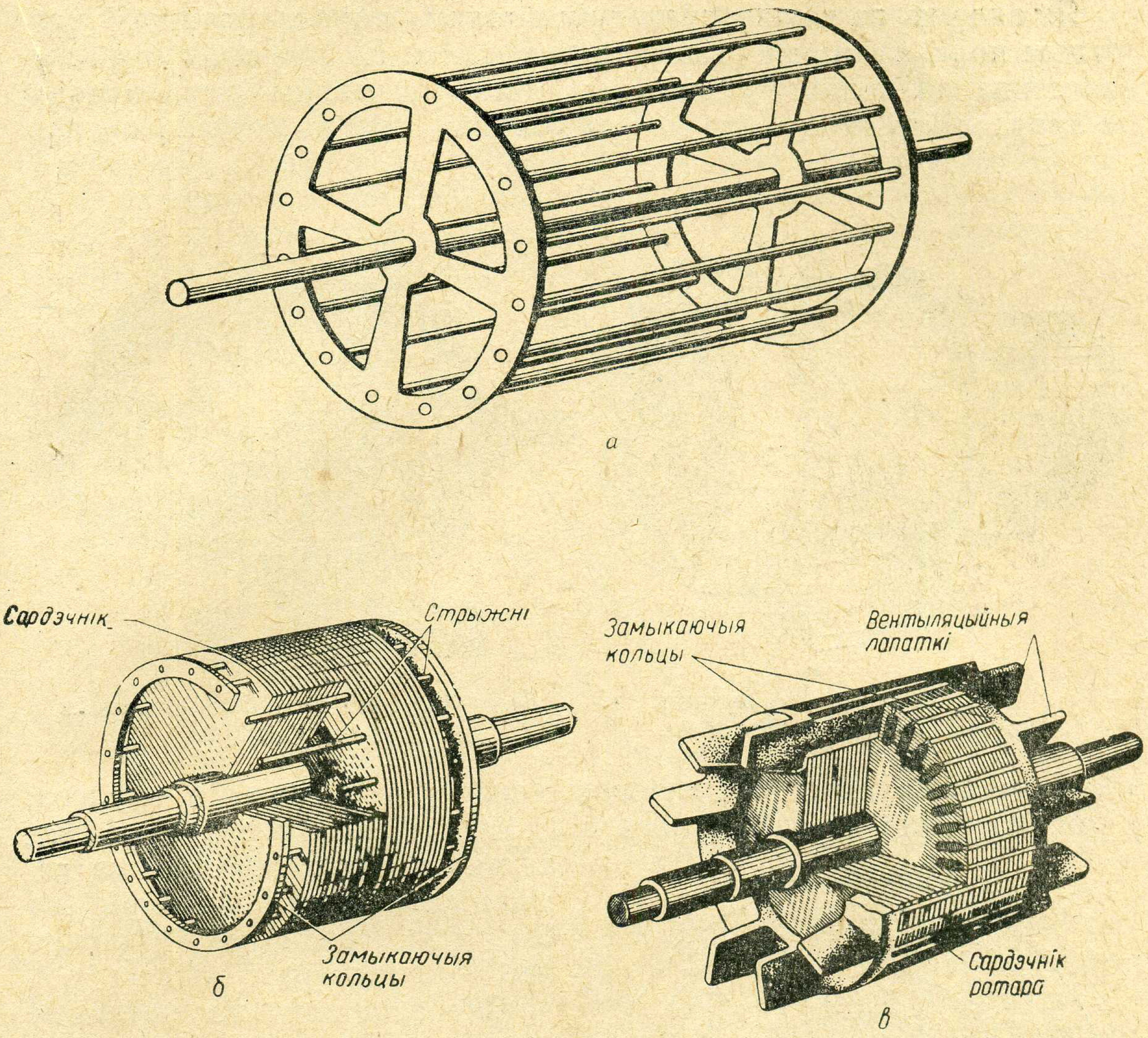
Агульны выгляд асінхроннага рухавіка з кароткaзамкнутым ротарам прыведзен на рысунку 107, а рухавіка з фазным ротарам — на рысунку 108. З правага боку гэтага рухавіка бачна кольцы і рукаятка прыстасавання, якім падымаюць і апускаюць шчоткі[1].

П р ы н ц ы п д з е я н н я р у х а в і к а. Як ужо гаварылася, пры праходжанні трохфазнага току па абмотцы статара ў рухавіку ствараецца верцячаеся магнітнае поле, перасякаючае абмотку ротара і індукцірующчае ў ёй токі, якія абумоўліваюць вярчэнне ротара.

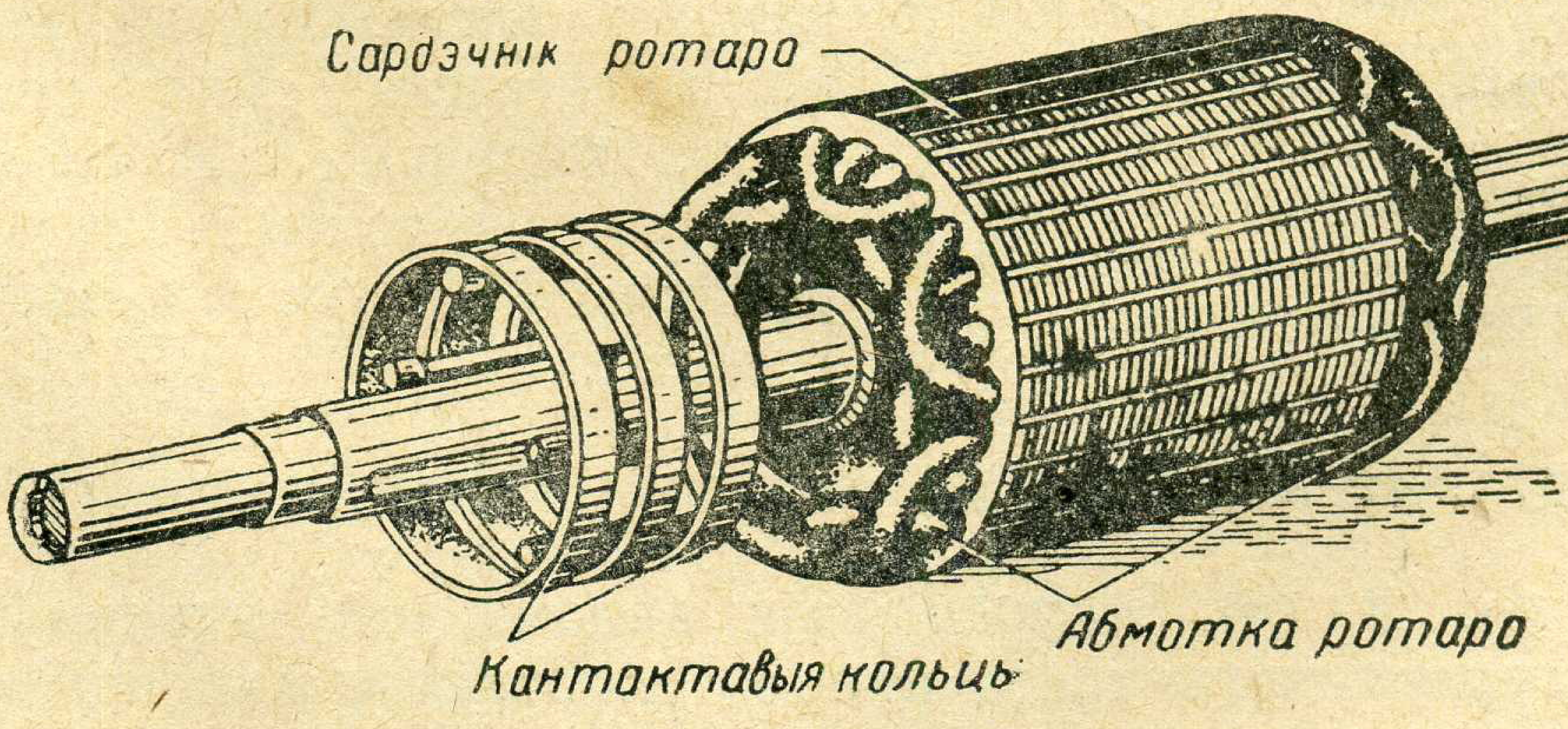
Магнітнае поле статара (рыс. 109), як паказана стрэлкамі, верціцца па гадзіннікавай стрэлцы і перасякае абмотку ротара. Няцяжка зразумець, што можна было б атрымаць той жа самы эфект, калі б поле было нерухомым, а праваднікі ротара вярцеліся ў адваротным напрамку — супраць гадзіннікавай стрэлкі. Выкарыстаўшы гэта, можна па правілу правай рукі ўстанавіць напрамак токаў, індукціраваных у правадніках абмоткі ротара. У верхняй палавіне абмоткі токі рухаюцца да нас (·), а ў ніжняй — ад нас (+).

---

[1] Для зручнасці эксплуатацыі шчоткі ўключаюць толькі на момант запуску, затым іх падымаюць і кантактавыя кольцы замыкаюць.

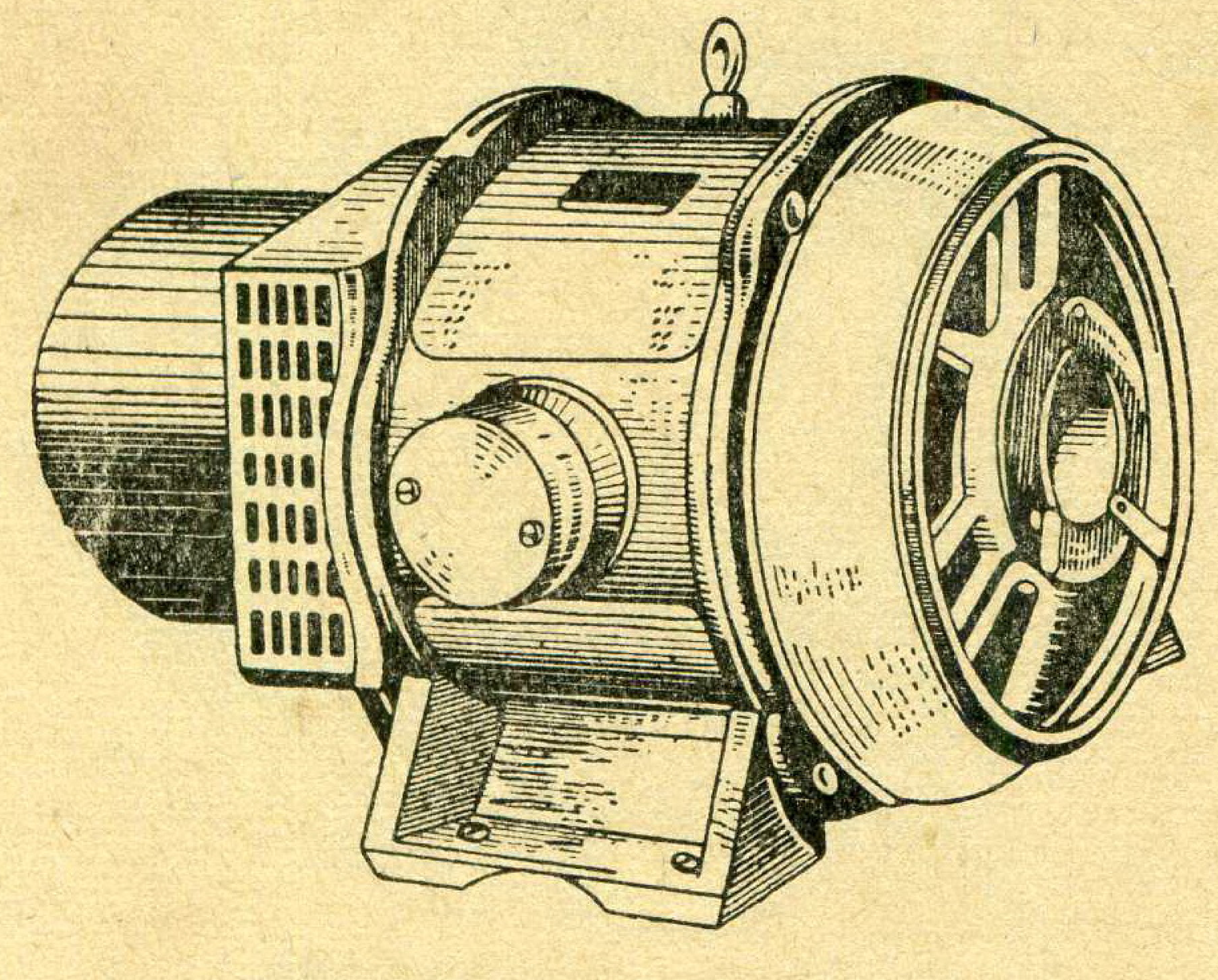


Рыс. 105. Ротар з каротказамкнутай абмоткай:
а — «вавёркавае кола», *б* — ротар з меднай абмоткай, *в* — алюмініевая абмотка ротара з вентылятарамі.

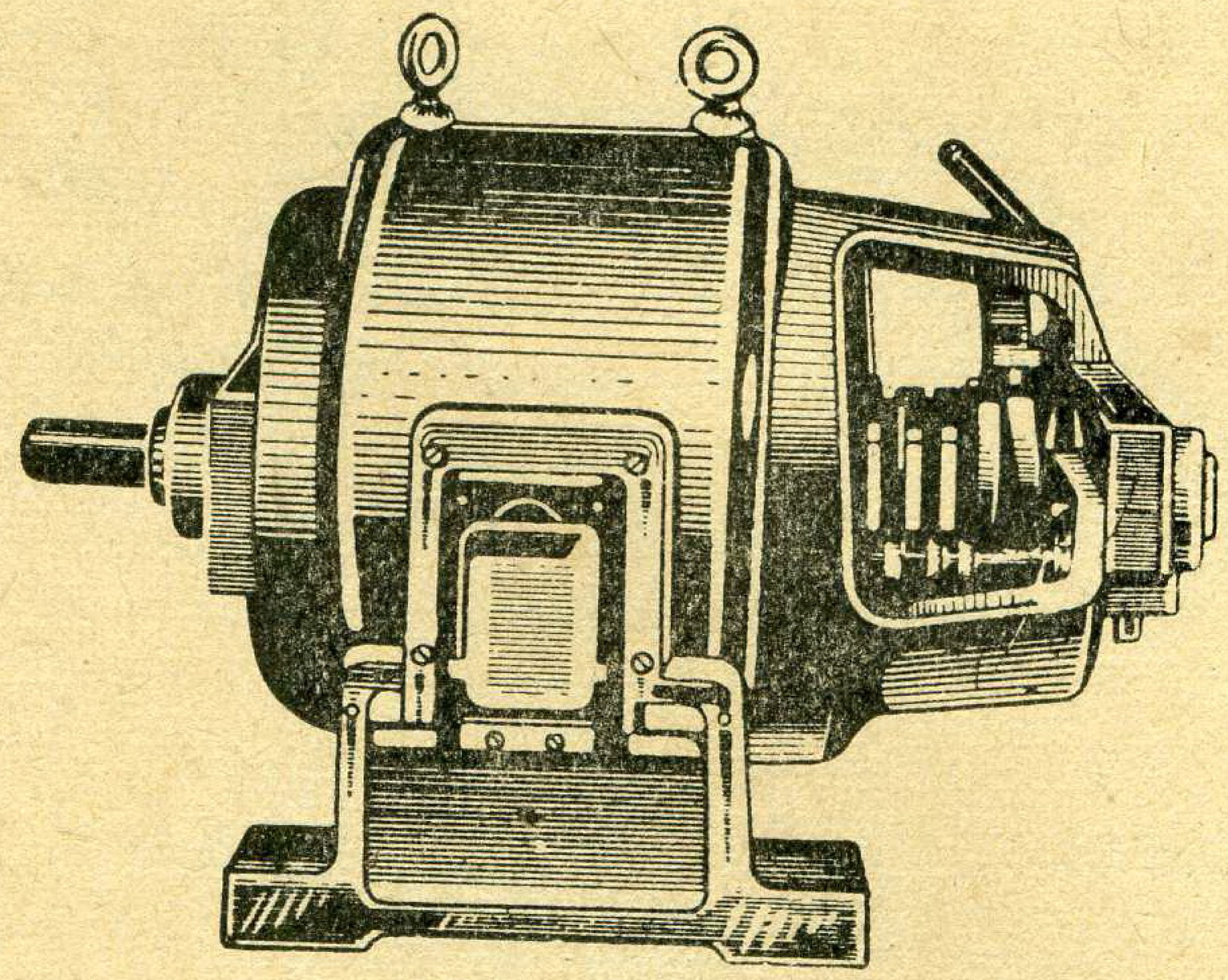


Рыс. 106. Ротар з фазнай абмоткай.

Як вядома, на кожны праваднік з токам, які знаходзіцца ў магнітным полі, дзейнічае выштурхваючая сіла F, напрамак якой вызначаецца па правілу левай рукі. Калі прымяніць гэтае правіла да праваднікоў ротара, то можна ўбачыць, што на верхнія правад-

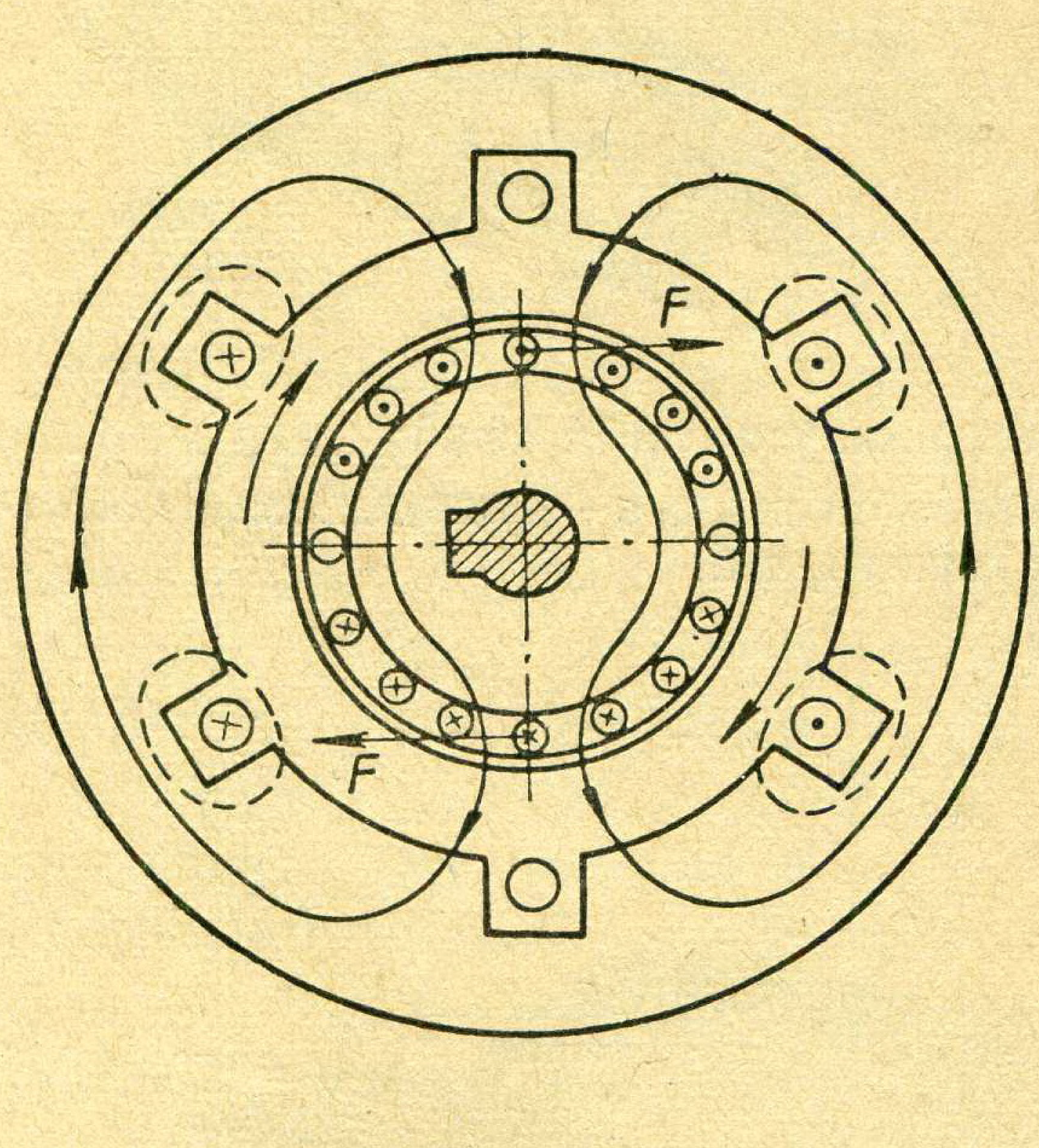


Рыс. 107. Асінхронны рухавік з каротказамкнутым ротарам.



Рыс. 108. Асінхронны рухавік з фазным ротарам.

нікі дзейнічае сіла, накіраваная ўправа, а на ніжнія — улева; г. зн. на ротар дзейнічае пара сіл. Яна стварае верцячы момант, ад якога ротар верціцца па гадзіннікавай стрэлцы ў той жа бок, у які верціцца і магнітнае поле статара.



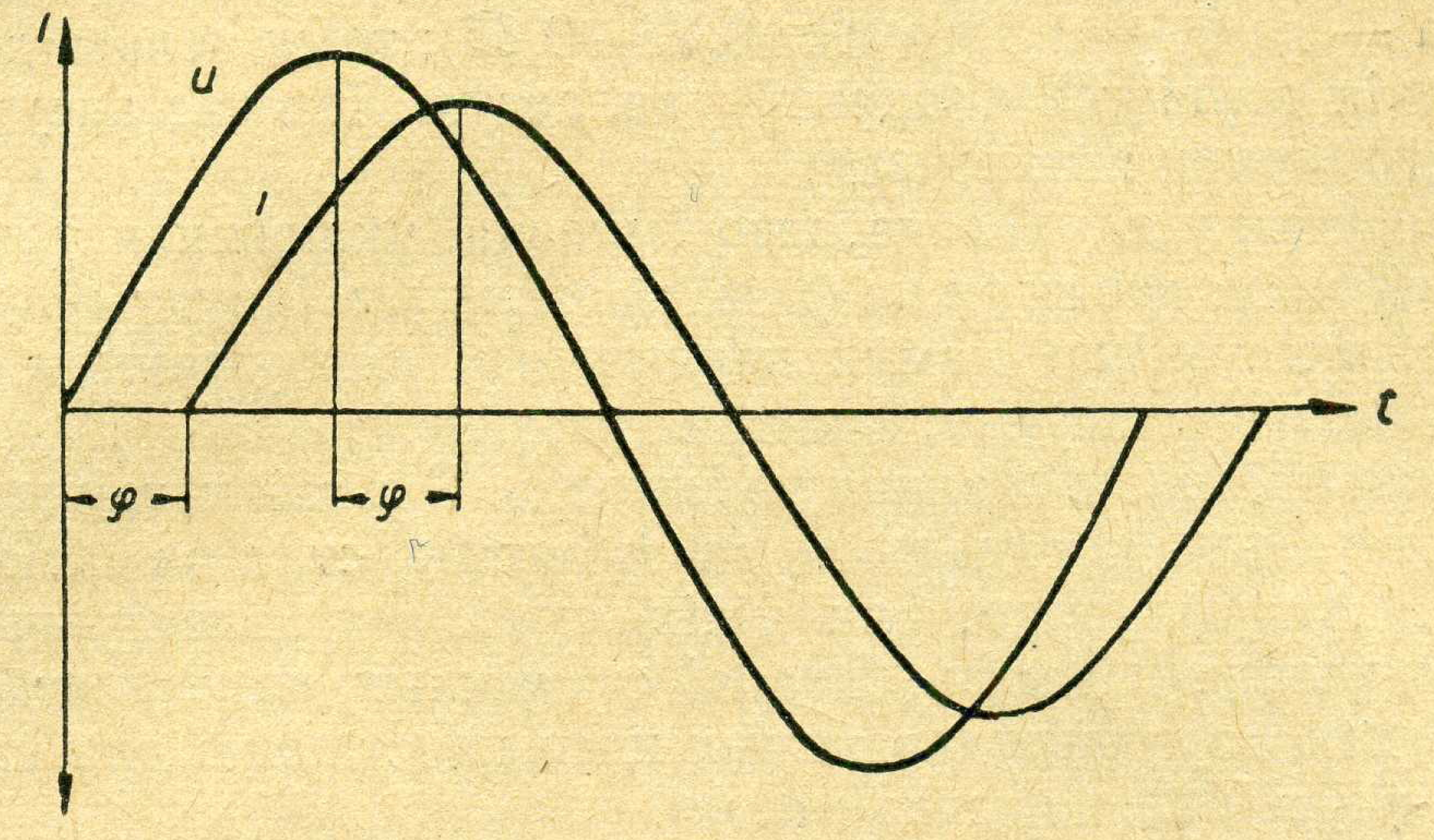
Рыс. 109. Прынцып дзеяння асінхроннага рухавіка.

Скорасць вярчэння ротара не можа стаць роўнай скорасці вярчэння магнітнага поля статара. Калі б гэта адбылося, то верцячаеся поле статара перастала б перасякаць ротар, токі ў яго абмотцы зніклі і ротар спыніўся б. Значыць, ротар пры сваім вярчэнні заўсёды павінен адставаць ад вярчэння магнітнага поля статара, г. зн. вярцецца асінхронна — не ў такт з полем. Таму такія рухавікі і атрымалі назву асінхронных.

§ 22. КАЭФІЦЫЕНТ МАГУТНАСЦІ РУХАВІКОЎ ПЕРАМЕННАГА ТОКУ

Косінус фі (φ). З курса фізікі вядома, што індуктыўнасць у ланцугу пераменнага току стварае дадатковае супраціўленне. Прычынай гэтага з'яўляецца ўзнікненне ў ланцугу пераменнага

току электрарухаючай сілы самаіндукцыі, якая процідзейнічае змяненням току. У выніку гэтага процідзеяння ў момант, калі пераменнае напружанне сеткі дасягае максімуму (амплітуднага значэння), ток не паспявае дайсці да свайго максімальнага значэння, якога б ён дасягнуў, калі б не было самаіндукцыі. Значыць, максімумы току не супадаюць з максімумамі напружання, а адстаюць ад іх на некаторы прамежак. У электратэхніцы такую з'яву называюць зрухам фаз паміж напружаннем і токам (рыс. 110).



Рыс. 110. Зрух фаз паміж напружаннем і токам.

Велічыня зруху фаз вымяраецца часткамі перыяду і вызначаецца велічынёй φ, выражанай у вуглавых градусах. Чым больш індуктыўнасць у ланцугу пераменнага току, тым зрух фаз больш. Наяўнасць зруху фаз паміж напружаннем і токам у індуктыўных спажыўцах значна пагаршае эфектыўнасць іх работы, робіць немагчымым выкарыстанне ўсёй спажываемай імі магутнасці на карыснае дзеянне. Па тэорыі пераменнага току эфектыўнасць дзеяння індуктыўных спажыўцоў пераменнага току прапарцыянальна каэфіцыенту магутнасці, які ровен косінусу вугла зруху фаз φ (cos φ) паміж напружаннем і токам.

Гэтая велічыня — косінус фі — з'яўляецца вельмі важным паказчыкам работы кожнага індуктыўнага спажыўца. Яна паказвае, якая частка ўсёй спажываемай энергіі пераўтвараецца ў гэтым спажыўцу на карыснае дзеянне.

Рухавікі пераменнага току з'яўляюцца індуктыўнымі спажыўцамі. Таму на пашпарце кожнага з іх, акрамя велічыні рабочага напружання U і спажываемага току I, дадзен каэфіцыент магутнасці — косінус фі (cos φ). Таму карысную, або актыўную, магутнасць рухавіка вылічваюць па формуле:

$$P = UI \cos \varphi.$$

Павышэнне каэфіцыента магутнасці (cos φ) электрычных установак з'яўляецца адной з найважнейшых народнагаспадарчых

праблем. Пры велізарных маштабах электрыфікацыі СССР нават невялікае павышэнне cos φ дае эканомію многіх мільёнаў кілават-гадзін электрычнай энергіі. Павышэнне cos φ раўнацэнна будаўніцтву новых электрастанцый.

Спосабы павышэння косінуса (φ) рухавікоў.

1. Па меры павышэння нагрузкі рухавіка пераменнага току косінус φ павышаецца. Таму кожны працуючы рухавік трэба па магчымасці нагружаць да яго намінальнай магутнасці.

2. Пры рабоце рухавіка без нагрузкі косінус φ яго значна паніжаецца — да 0,1—0,3 (замест 0,75—0,85); таму нельга дапускаць, каб рухавік доўгі час працаваў ухаластую. На час адсутнасці нагрузкі яго лепш выключаць.

3. Доследам устаноўлена, што ёмкасць, уключаная ў ланцуг пераменнага току, дае зрух па фазе, процілеглы індуктыўнасці; таму зрух фаз, які ўзнікае паміж пераменным напружаннем і токам у індуктыўных спажыўцах, можна кампенсіраваць пры дапамозе кандэнсатараў, маючых значную ёмкасць. З гэтай мэтай кандэнсатары падключаюць паралельна да абмотак статара асінхроннага рухавіка. Акрамя таго, на ўсіх сучасных электрычных падстанцыях устанаўліваюць батарэі статычных кандэнсатараў, якія падключаюць да токаправодзячых шын падстанцыі для павышэння косінуса φ усёй электрычнай сеткі.

§ 23. ТРАНСФАРМАТАРЫ

Трансфарматары — гэта электрычныя прыборы, якія выкарыстоўваюць для змянення велічынь пераменнага напружання і пераменнага электрычнага току.

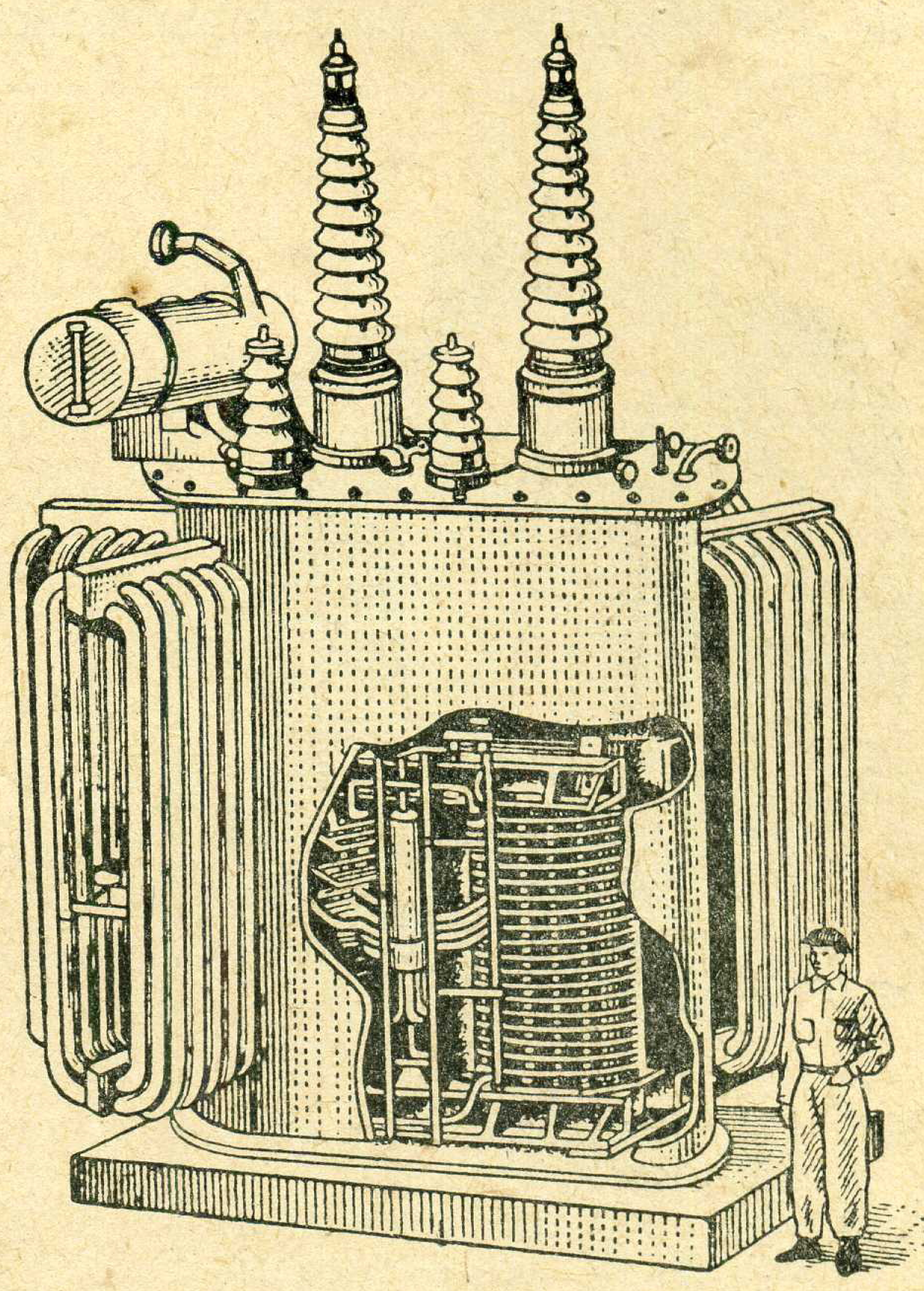
З павышэннем напружання ў сілавых трансфарматарах (рыс. 111) прапарцыянальна зніжаецца велічыня току, што шырока выкарыстоўваецца пры перадачы электрычнай энергіі на вялікія адлегласці, паколькі памяншэнне велічыні перадаваемага току значна памяншае страту энергіі ў лініях і дае магчымасць ужываць правады значна меншых сячэнняў.

У радзе выпадкаў узнікае неабходнасць у памяншэнні рабочага напружання пераменнага току. Напрыклад, электразварачныя работы робяцца пры напружанні, не пераўзыходзячым 50—60 *в*. Для атрымання такога напружання ўжываюць паніжаючыя зварачныя трансфарматары (рыс. 112). Паніжэнне напружання тут неабходна таму, што ад гэтага маем павелічэнне велічыні току, а для зваркі, як вядома, патрэбны токі значнай велічыні.

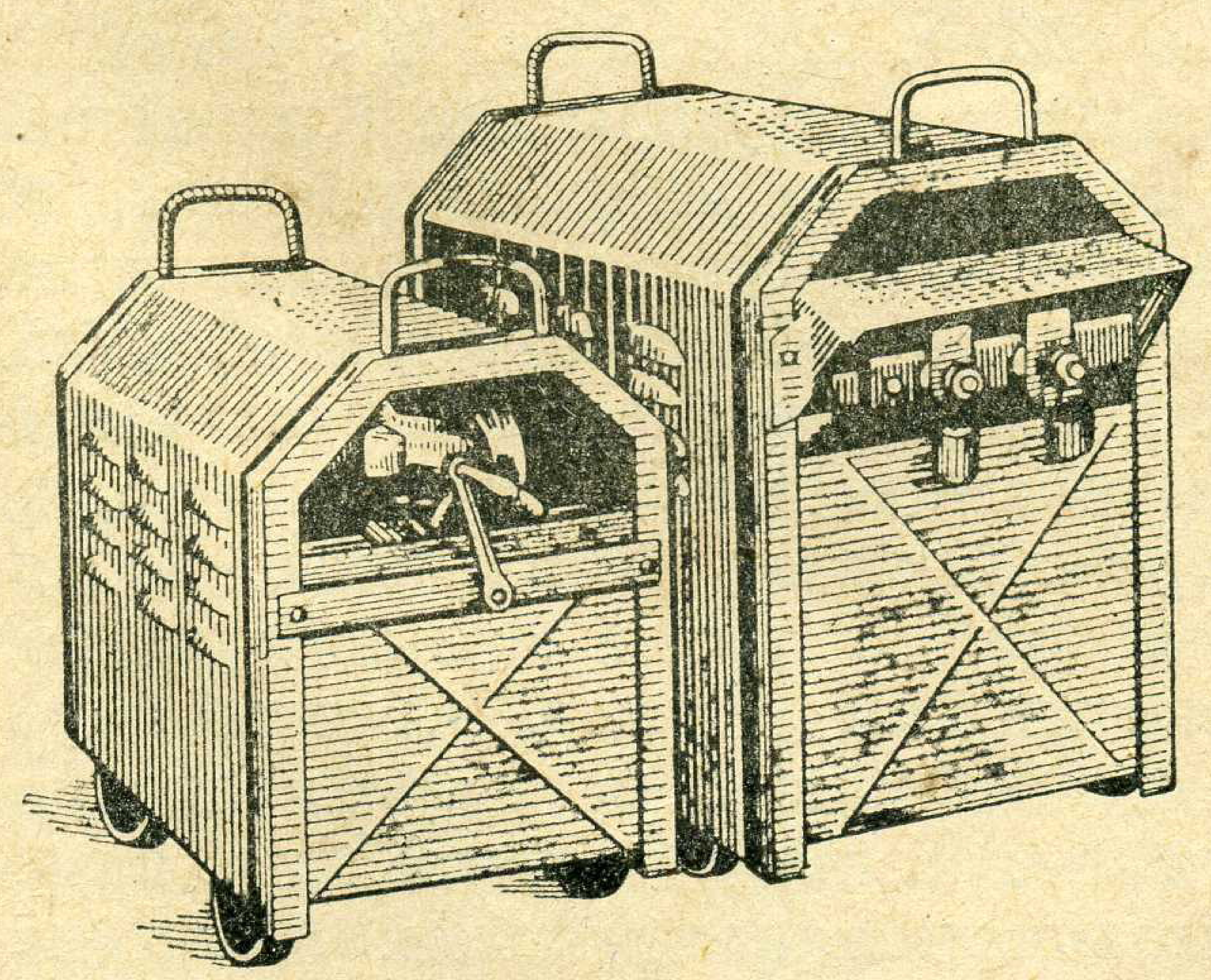
Вялікае распаўсюджанне ў быту і лабараторнай практыцы атрымалі так званыя аўтатрансфарматары, г. зн. такія трансфарматары, на сардэчніку якіх ёсць толькі адна абмотка. Да гэтай абмоткі далучаюць адначасова і пярвічную і ўтарычную сетку. Аўтатрансфарматары маюць спецыяльны пераключальнік або рухомы кантакт, пры дапамозе якога рэгулюецца напружанне, што паступае да спажыўца. Магутнасць большасці аўтатрансфарматараў невялікая.

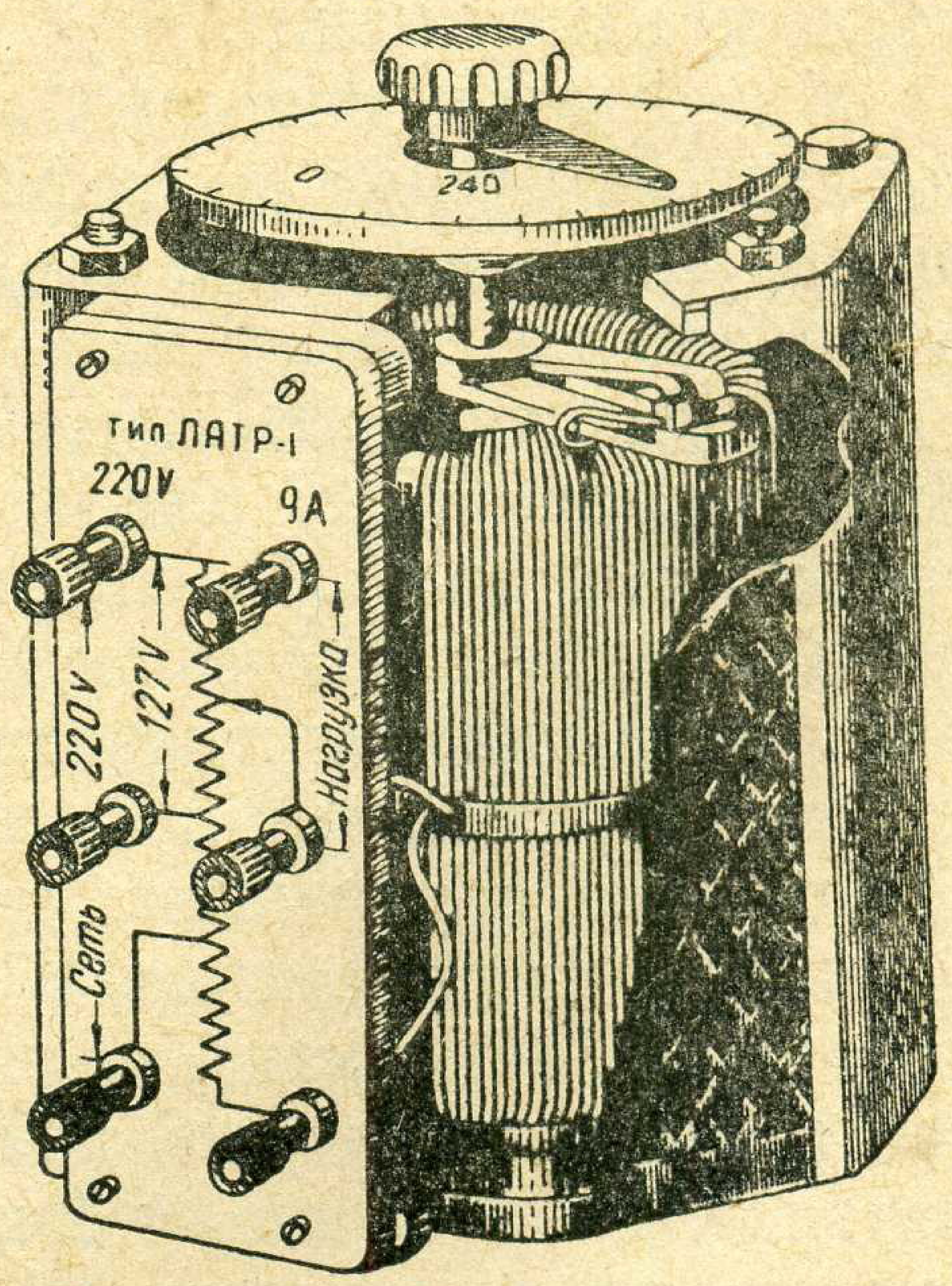
Імі можна рэгуляваць напружанне ў межах ад 0 да 125—140% ад падведзенага. На рысунку 113 паказан лабараторны аўтатрансфарматар. Часцей за ўсё лабараторныя аўтатрансфарматары выкарыстоўваюць для атрымання патрэбных напружанняў у лабараторыях і падтрымкі пастаянства напружання пры жыўленні радыёпрыёмнікаў і тэлевізараў, у той час калі напружанне ў сетцы мяняецца.

У электрычным абсталяванні электрастанцый і трансфарматарных падстанцый дзейнічаюць высокія напружанні і праходзяць вялікія токі. Непасрэднае вымярэнне гэтых напружанняў і токаў — справа складаная і небяспечная. Для выканання гэтых вымярэнняў выкарыстоўваюцца вымяральныя трансфарматары напружання (рыс. 115) і вымяральныя трансфарматары току (рыс. 114).


Рыс. 111. Аднафазны сілавы трансфарматар вялікай магутнасці.

Прызначэнні іх — паніжаць велічыню току і напружання для зручнасці і бяспекі пры вымярэннях. Вымераўшы велічыню току або напружання ва ўтарычнай абмотцы трансфарматара, памнажаюць яе на каэфіцыент трансфармацыі дадзенага трансфарматара і такім чынам вызначаюць ток або на-

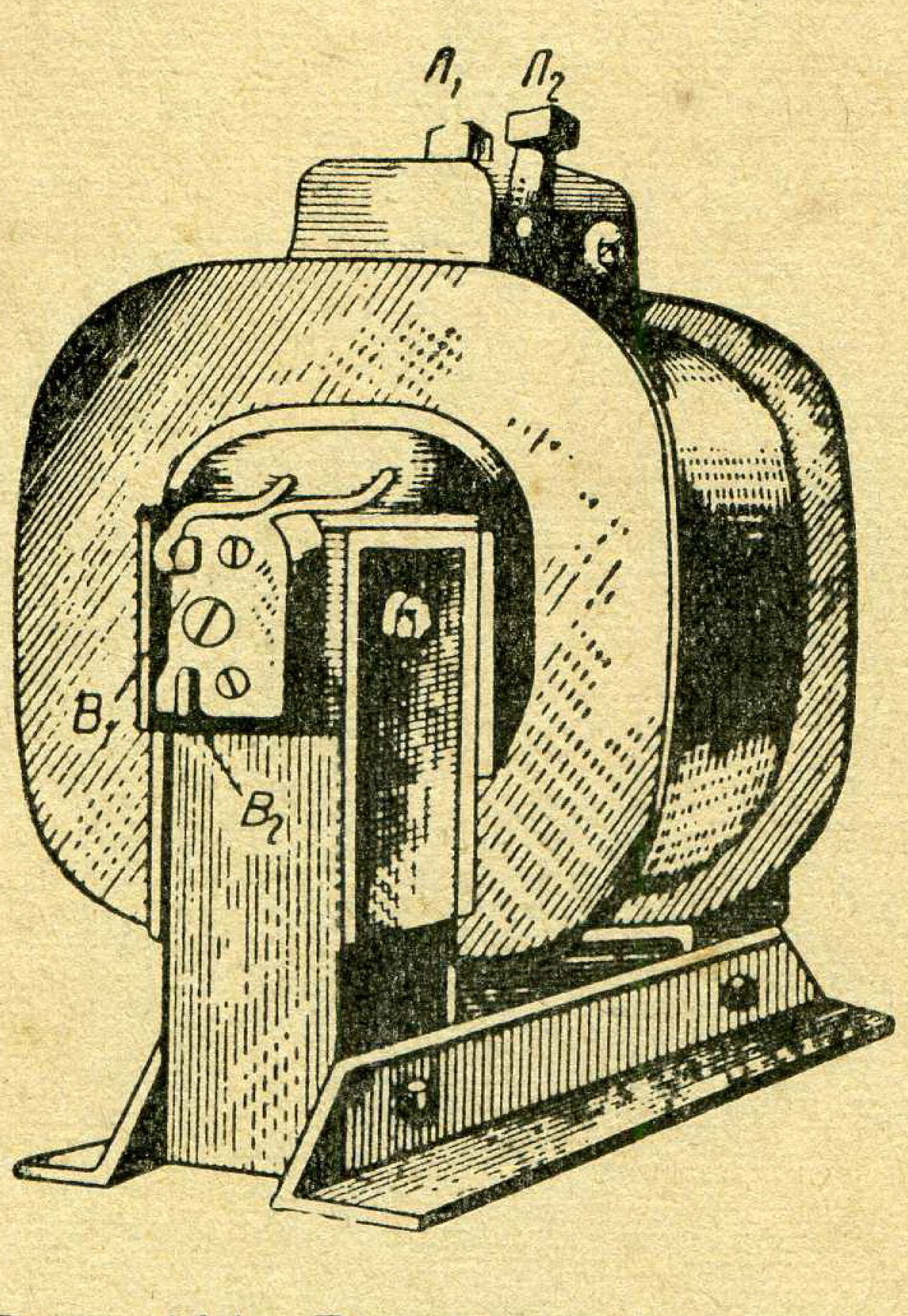

Рыс. 112. Зварачныя трансфарматары.



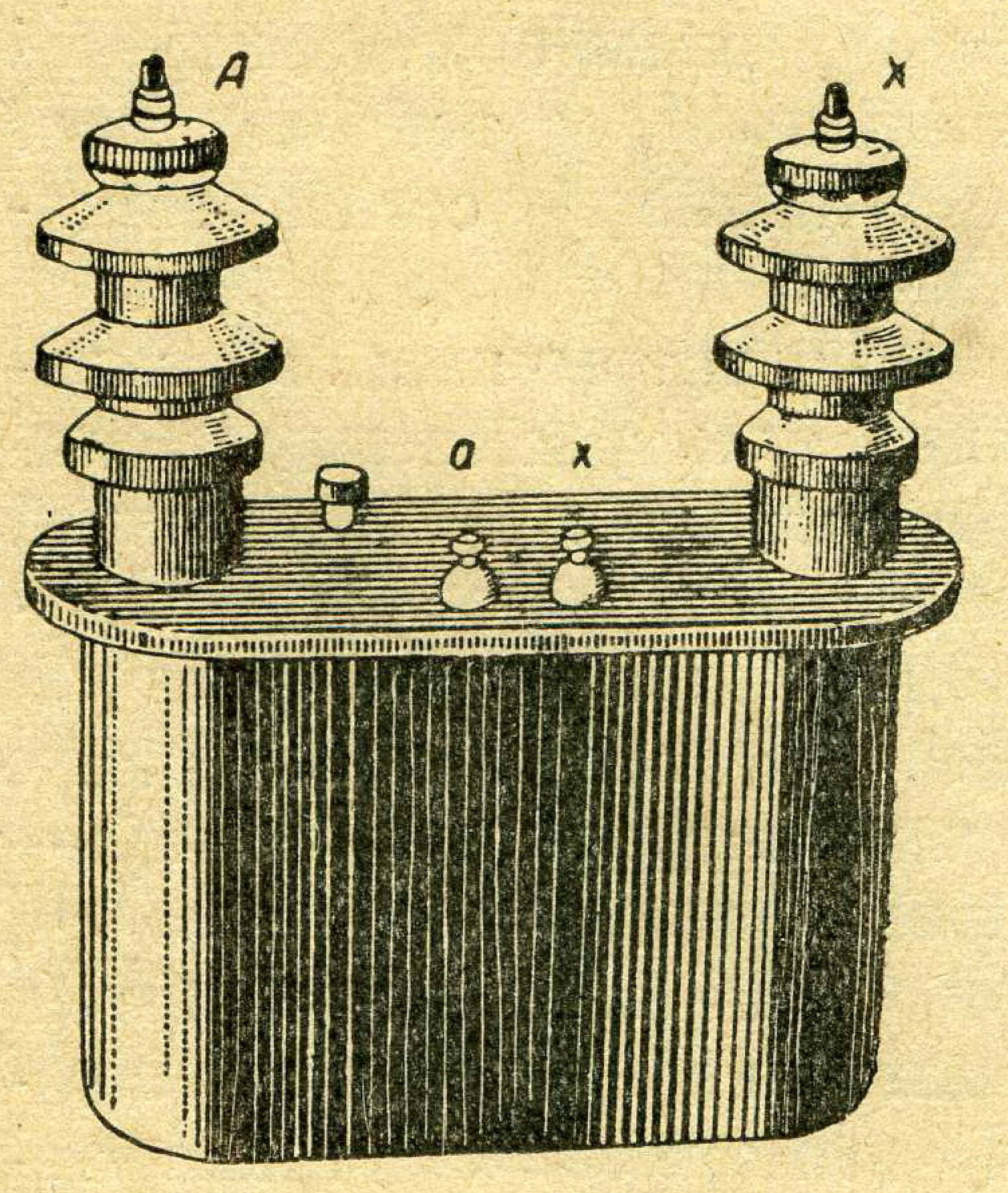
Рыс. 113. Лабараторны трансфарматар.

пружанне на галоўных шынах падстанцый або на зажымах генератара.

Сілавыя трансфарматары невялікай магутнасці выкарыстоўваюць для жыўлення радыёпрыёмнікаў пераменнымі токамі. Такі



Рыс. 114. Вымяральны трансфарматар току: $Л_1$ і $Л_2$ — вывады пярвічнай абмоткі, B_1 і B_2 — вывады ўтарычнай (вымяральнай) абмоткі.



Рыс. 115. Вымяральны трансфарматар напружання: A і X — вывады абмоткі высокага напружання, a і x — вывады абмоткі нізкага напружання.

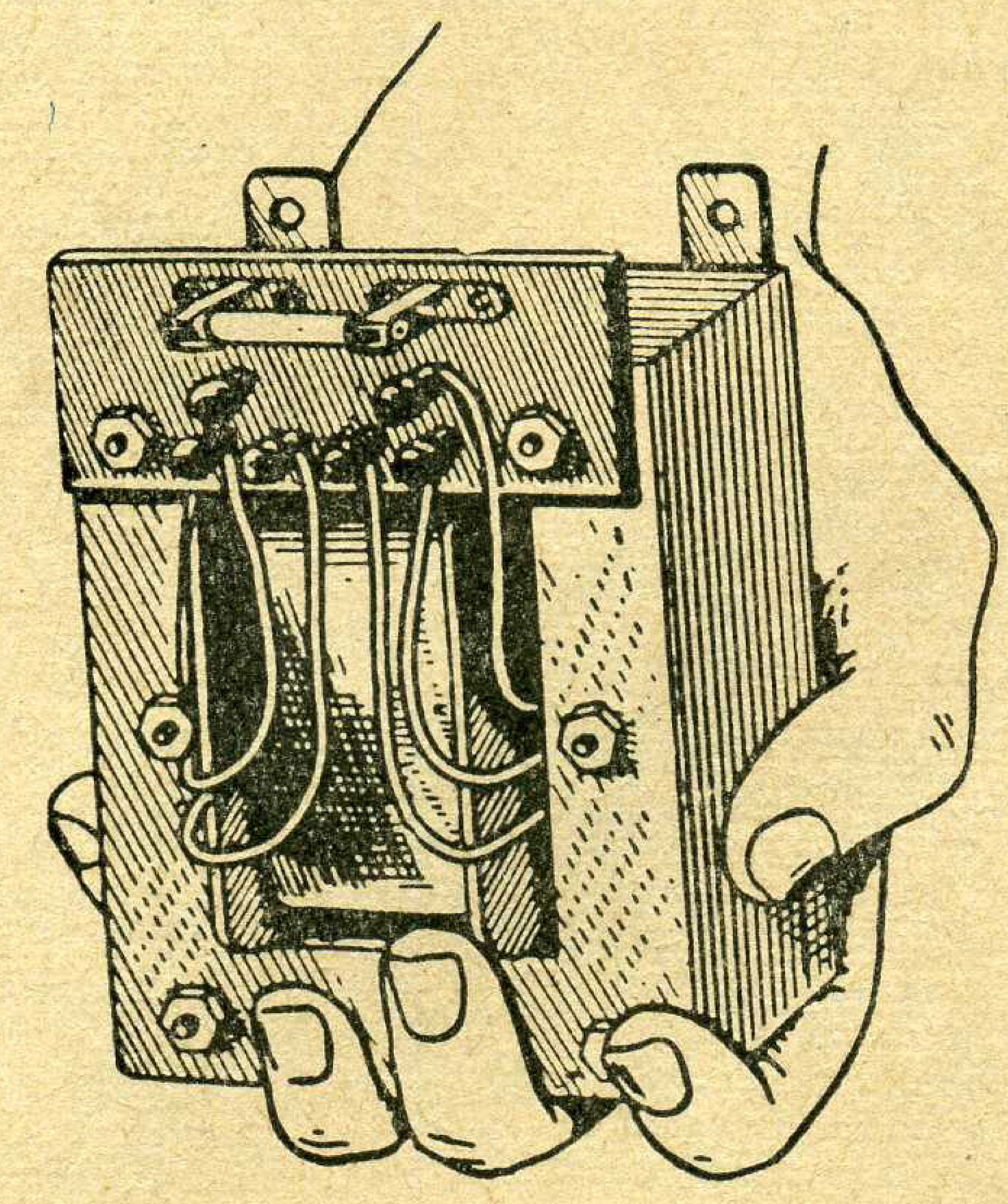
трансфарматар мае некалькі ўтарычных абмотак з розным лікам віткоў (рыс. 116), што дае магчымасць атрымліваць розныя неабходныя напружанні.

У школьных фізічных кабінетах даволі часта карыстаюцца разборным вучэбным трансфарматарам (рыс. 117). Ён складаецца з разборнага жалезнага сардэчніка і набора катушак, абмотка якіх разлічана на розныя напружанні (220 *в*, 120 *в*, 24 *в*, 12 *в* і 6 *в*).

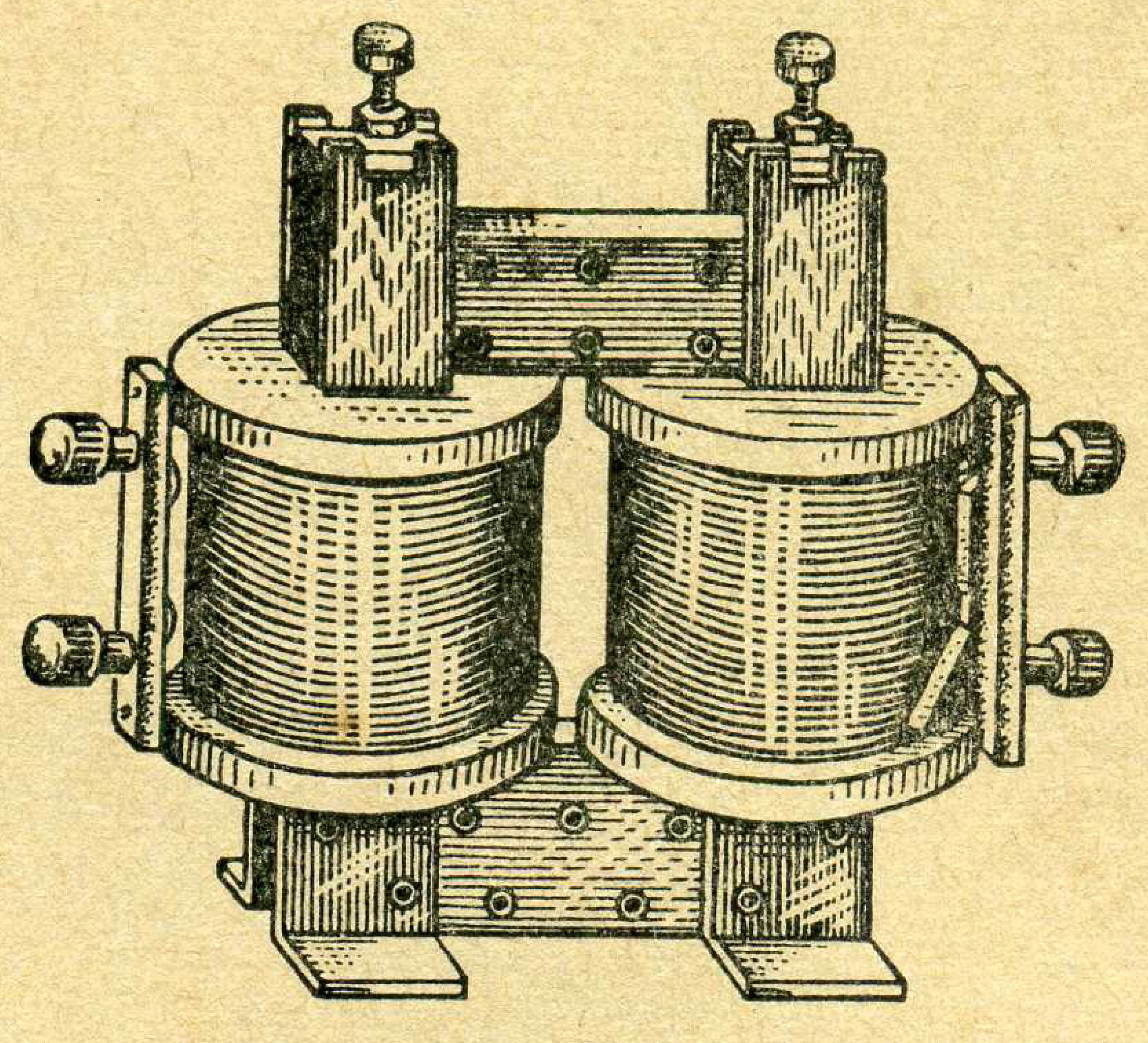
Ва ўсіх трансфарматарах адрозніваюць утарычнае і пярвічнае напружанне. Калі ўтарычнае напружанне менш пярвічнага, то трансфарматар з'яўляецца паніжаючым, калі больш — павышаючым.

У адпаведнасці з гэтым пярвічнай называецца тая абмотка, якая жывіцца электраэнергіяй. Утарычную ж абмотку злучаюць са спажыўцамі, якія жывяцца токам ад гэтага трансфарматара. Па сістэме пераменнага току трансфарматары падзяляюць на аднафазныя (з дзвюма асноўнымі абмоткамі) і трохфазныя (з шасцю асноўнымі абмоткамі). Для павышэння надзейнасці ізаляцыі абмотак і паляпшэння ўмоў іх ахаладжэння абмоткі магутных трансфарматараў пагружаюць у бак з маслам. Такія трансфарматары называюцца трансфарматарамі з масляным ахаладжэннем. Менш магутныя трансфарматары ахаладжаюцца акружаючым паветрам.

Поўную магутнасць трансфарматара ў адрозненне ад актыўнай магутнасці электрычных рухавікоў, награвальных прыбораў і лямп вымяраюць не ў *вт* і *квт*, а ў вольт-амперах (*ва*) або кілавольт-амперах (*ква*) (дзе ўлічваецца cos φ).



Рыс. 116. Радыётрансфарматар невялікай магутнасці.



Рыс. 117. Разборны трансфарматар школьнага тыпу.

Заканчваючы разгляд трансфарматараў, неабходна адзначыць, што к. к. дз. іх у выніку адсутнасці рухомых частак (а значыць і страт на трэнне) і невялікіх страт на віхравыя токі даволі высокі: 95—98%. У магутных сілавых трансфарматараў ён дасягае 99%, у аўтатрансфарматараў 99,5%.

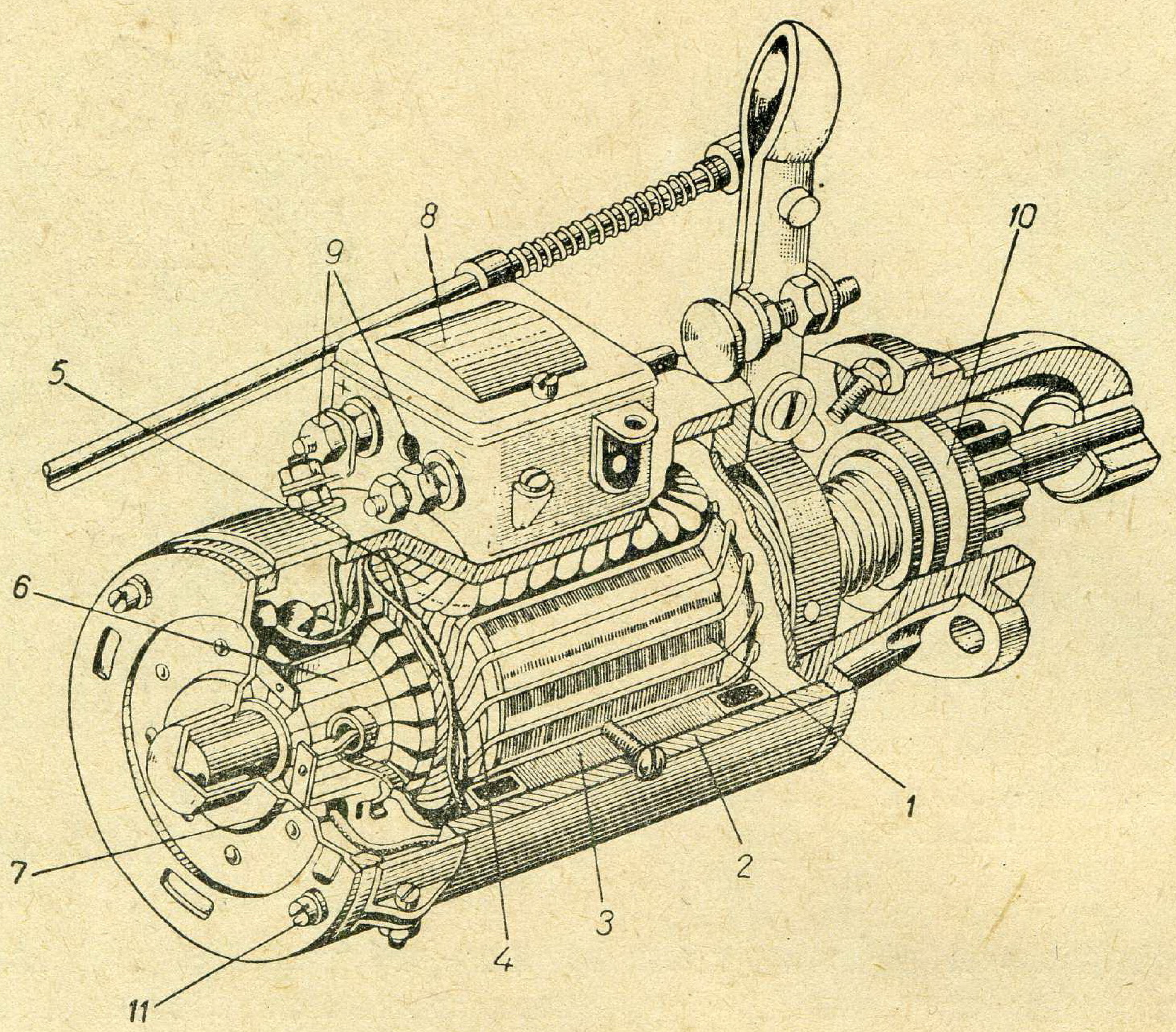
§ 24. ПРАКТЫЧНЫЯ РАБОТЫ ПА ТЭМЕ: «ЭЛЕКТРЫЧНЫЯ МАШЫНЫ ПАСТАЯННАГА І ПЕРАМЕННАГА ТОКУ. ТРОХФАЗНЫ ТОК»

Работа 15. **Разборка і зборка электрычнага рухавіка пастаяннага току і ўключэнне яго ў электрычны ланцуг**

Мэта работы. Вывучыць будову і дзеянне рухавіка пастаяннага току, навучыцца разбіраць і збіраць невялікія рухавікі, збіраць электрычную схему іх уключэння, ажыццяўляць пуск.

Прыборы і абсталяванне: 1) электрычны рухавік пастаяннага току (можна выкарыстаць аўтамабільны стартэр), 2) крыніца пастаяннага току адпаведнага напружання (рухавік-генератар або акумулятарная батарэя), 3) аднапалюсны рубільнік, 4) рэастат паўзунковы на 10 *а*, 10—30 *ом*, 5) адвёрткі (сярэдняя і вялікая), 6) невялікі разводны гаечны ключ, 7) малаток, 8) злучальныя правады.

Аўтамабільныя электрычныя стартэры — гэта нізкавольтавыя рухавікі пастаяннага току з паслядоўным узбуджэннем. Яны выкарыстоўваюцца для запуску аўтамабільных матораў.



Рыс. 118. Аўтамабільны стартэр у разрэзе.

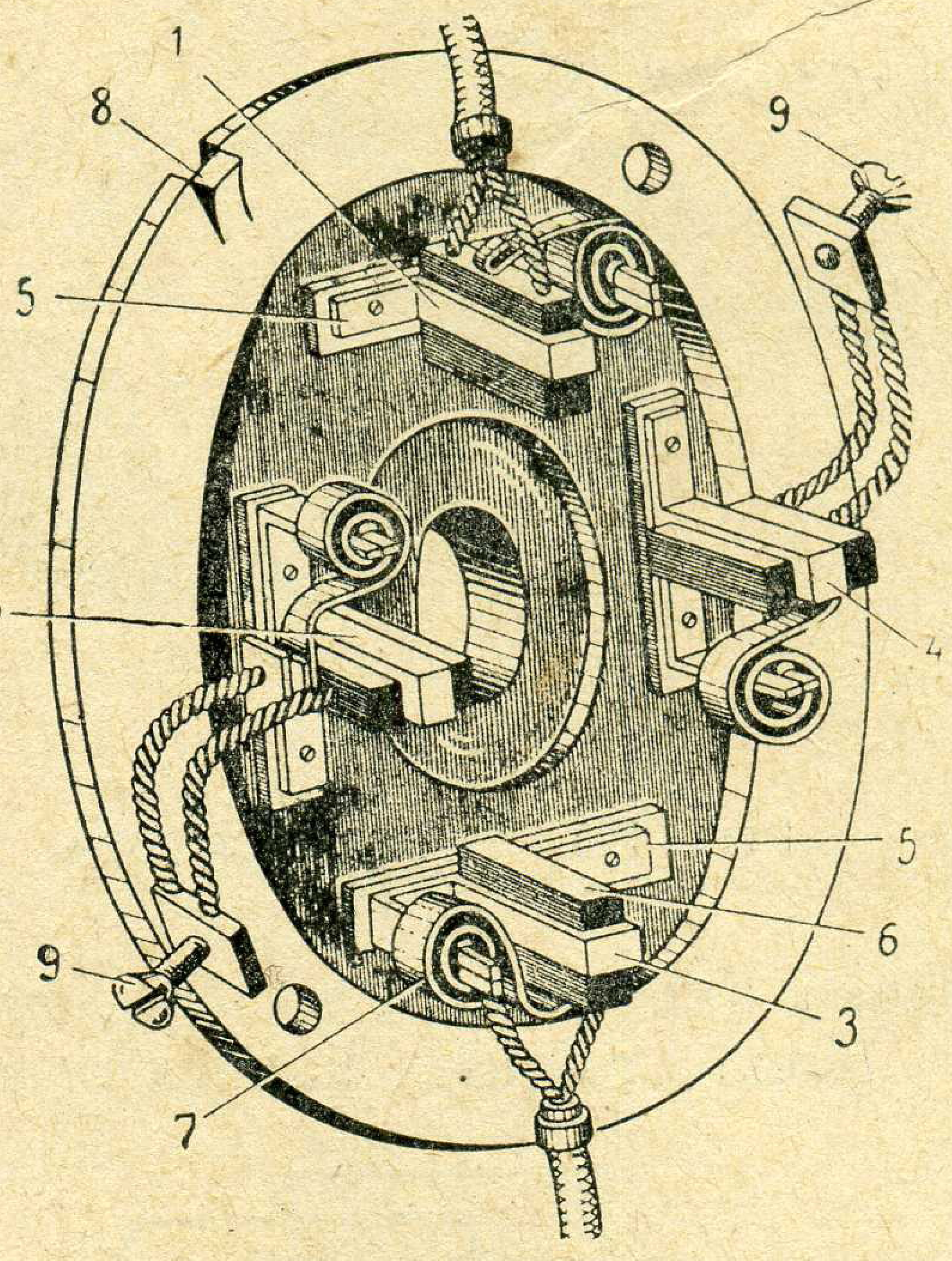
Стартэр — гэта невялікі рухавік цыліндрычнай формы. Унутры (рыс. 118) на вале верціцца якар *1* з абмоткай *4*. Да знешняга цыліндрычнага корпуса *2* стартэра вінтамі прымацоўваюцца чатыры полюсныя наканечнікі *3* з абмоткамі ўзбуджэння *5*, наматанымі тоўстым провадам і злучанымі паслядоўна з абмоткай якара. На вал якара насаджан калектар *6*, да пласцін якога прыпаяны вывады секцый абмоткі якара. Да паверхні калектара спружынамі прыціснуты шчоткі *7*. На корпусе са знешняга боку яго ўстанаўліваецца ўключальнік стартэра *8* і тоўстыя вывадныя токаправодзячыя зажымы *9*, разлічаныя на значную велічыню току. Адзін з гэтых зажымаў, абазначаны знакам —, злучаюць провадам вялікага сячэння з адмоўнай клемай акумулятарнай батарэі. Другі зажым, абазначаны знакам +, далучаюць да металічнага корпуса стартэра— да так званай «масы». Да масы падключаюць і дадатны полюс батарэі. Маса — гэта металічны корпус аўтамабіля і ўсіх злучаных з ім дэталей, якія выконваюць ролю другога проваду ў схеме электраабсталявання аўтамабіля[1].

[1] Замест акумулятарнай батарэі можна жывіць рухавік ад выпрамляльніка або дастаткова магутнага матор-генератара.

Каб разабраць стартэр, трэба зняць адну яго накрыўку, на ўнутраным баку якой устаноўлены шчоткі (рыс. 119). Для гэтага адкручваюць два вінты *11* (рыс. 118), якімі накрыўка прымацоўваецца да корпуса, вымаюць шчоткі са шчоткатрымальнікаў, аддзяляюць (карыстаючыся адвёрткай) накрыўку ад корпуса і асцярожна знімаюць яе з вала. Потым, узяўшыся за вал, вымаюць якар стартэра (рыс. 120) з корпуса (рыс. 121).

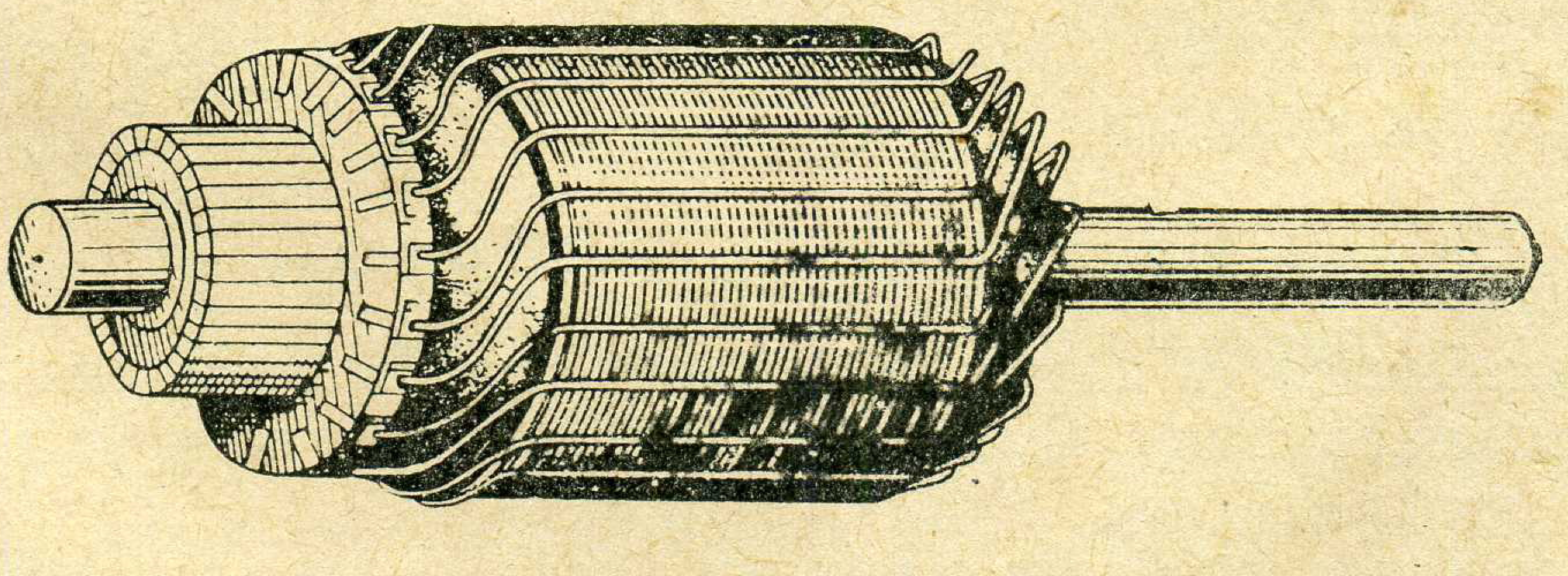
У корпусе стартэра з боку калектара ёсць адтуліны (рыс. 121), праз якія можна назіраць за работай стартэра, за станам яго шчотак і калектара, рэгуляваць іх работу і рабіць бягучы рамонт.

Збіраюць стартэр у адваротнай паслядоўнасці ўадносінах да разборкі. Пры гэтым трэба памятаць, што ўстановачны выступ накрыўкі (гл. рыс. 119) павінен папасці ў спецыяльнае паглыбленне, якое ёсць на бакавой паверхні корпуса. Гэта забяспечыць устаноўку накрыўкі на ранейшае месца.



Рыс. 119. Накрыўка стартэра са шчоткатрымальнікамі: *1, 2, 3* і *4* — шчоткатрымальнікі, *5* — ізаляцыйныя пласцінкі для ізаляцыі шчоткатрымальнікаў ад накрыўкі, *6* — шчоткі, *7* — націскныя спружыны шчотак, *8* — установачны выступ, *9* — вінты для злучэння шчотак з масай.

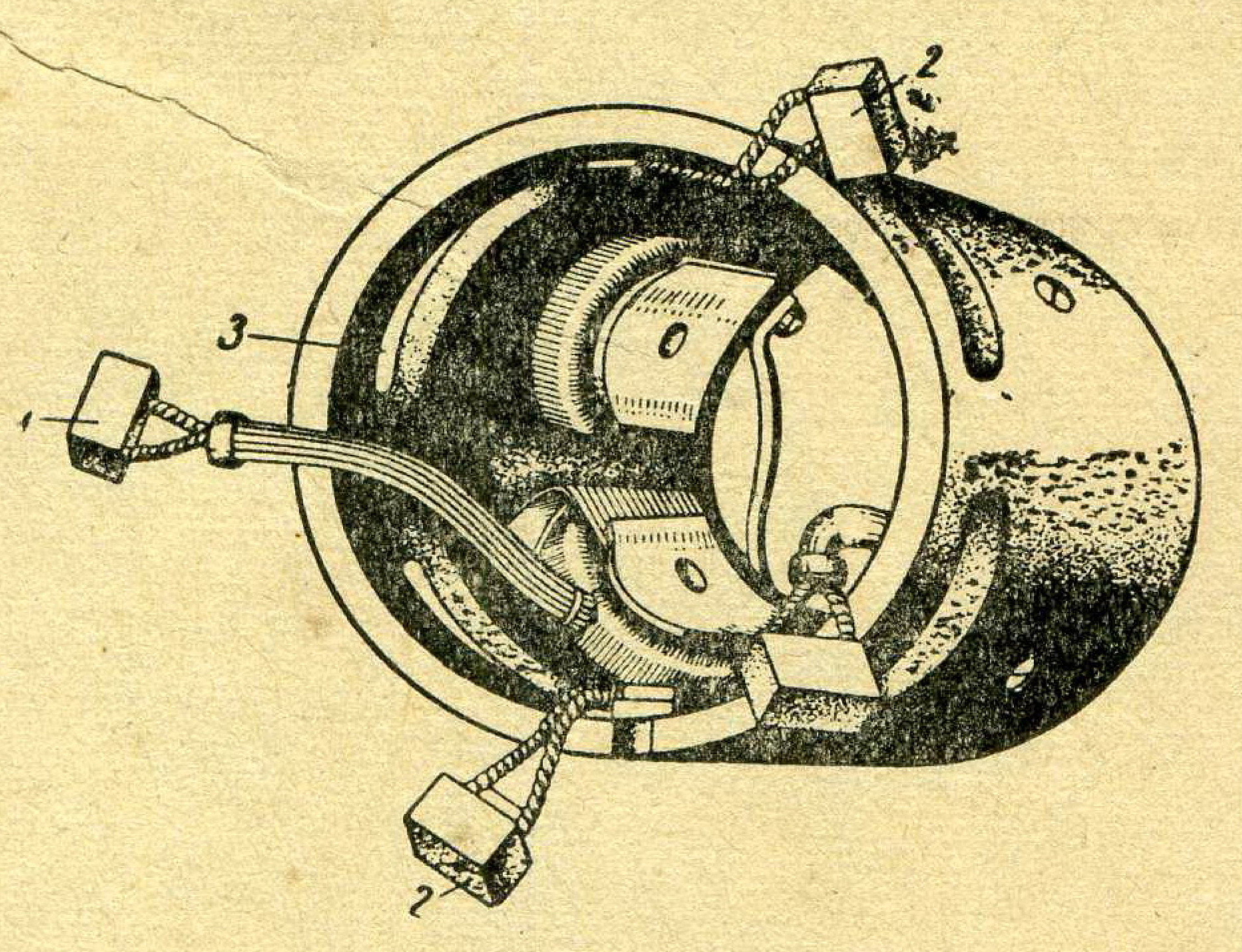
Устанавіўшы накрыўку ў замацаваныя на ёй шчоткатрымальнікі, устаўляюць шчоткі і прыціскаюць іх да калектара спружынамі, сочачы за тым, каб кожная шчотка правільна папала ў свой шчоткатрымальнік.


Рыс. 120. Якар стартэра.

Апісанне электрычнай схемы работы

Схема жыўлення стартэра паказана на рысунку 122. Як бачна з гэтай схемы, мінус акумулятарнай батарэі злучаюць паслядоўна з рубільнікам і рэастатам. Другую клему рэастата злучаюць з

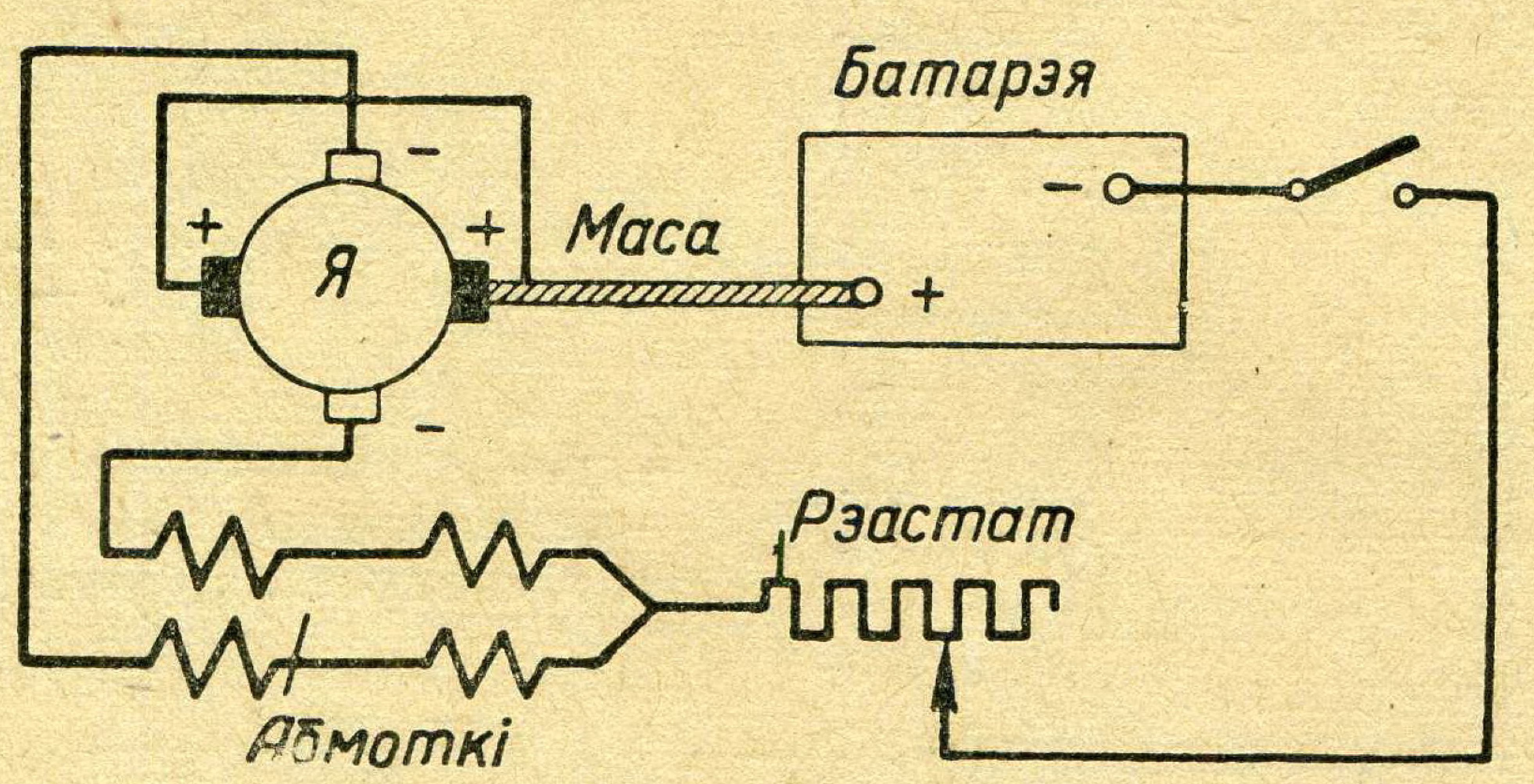
той клемай стартэра, якая злучана з дзвюма абмоткамі яго полюсаў. Другія канцы гэтых абмотак далучаны да дзвюх адмоўных шчотак. Гэтыя шчоткі лёгка знайсці, памятаючы, што яны ізаляваны ад «масы».



Рыс. 121. Корпус стартэра.

Пасля гэтага, пераканаўшыся, што дадатныя шчоткі злучаны з корпусам (масай), корпус стартэра злучаюць з плюсам акумулятарнай батарэі, разамкнуўшы перад гэтым рубільнік у ланцугу. Праверыўшы схему, ставяць паўзунок рэастата на максімальнае супраціўленне, замыкаюць рубільнік, асцярожна выводзяць рэастат і сочаць за работай стартэра. Калі абароты якара значна павялічацца, трэба зараз жа выключыць рубільнік.

Можна змяніць напрамак вярчэння якара, злучыўшы адмоўныя



Рыс. 122. Схема жыўлення электрычнага стартэра.

шчоткі якара з плюсам батарэі, а дадатныя — з абмоткай узбуджэння. Для гэтага трэба зрабіць даволі складаныя пераключэнні вывадаў шчотак стартэра.

Выкананне работы

1. Азнаёмцеся са знешняй будовай стартэра або іншага рухавіка пастаяннага току. Вызначце назву і прызначэнне ўсіх знадворных яго дэталей.

2. Паступова разбярыце рухавік, асцярожна аддзяляючы адну частку ад другой.

3. Разгледзьце будову кожнай дэталі рухавіка, высветліце яе прызначэнне і вызначце матэрыялы, з якіх яна зроблена.

4. Праверце якасць прышліфоўкі рабочай паверхні шчотак да калектара і стан паверхні самога калектара. У выпадку забруджвання старанна пратрыце іх анучай, злёгку змочанай у бензіне.

5. Збярыце рухавік у адваротным, у параўнанні з разборкай, парадку.

6. Збярыце электрычную схему жыўлення рухавіка пастаянным токам.

7. Некалькі разоў пусціце рухавік у ход, уважліва назіраючы за ўзаемадзеяннем яго асобных частак у час работы.

8. Калі ёсць магчымасць, зрабіце неабходныя пераключэнні ў схеме і змяніце напрамак вярчэння якара рухавіка.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Кароткае апісанне асноўных этапаў работы.
3. Пералік дэталей рухавіка, іх прызначэнне.
4. Электрычная схема жыўлення рухавіка.
5. Вывады па асноўных уласцівасцях серыеснага рухавіка, яго добрыя якасці і недахопы.

Кантрольныя пытанні

1. У якіх галінах тэхнікі шырока выкарыстоўваюцца серыесныя рухавікі?
2. З якіх асноўных частак складаецца ўсякая электрычная машына пастаяннага току?
3. Якія перавагі і недахопы рухавікоў пастаяннага току ў параўнанні з рухавікамі трохфазнага пераменнага току?
4. Якое прызначэнне калектара ў рухавікоў пастаяннага току?
5. З якіх матэрыялаў вырабляюць асноўныя дэталі гэтых рухавікоў?
6. Што трэба зрабіць, каб змяніць напрамак вярчэння якара рухавіка?
7. Як рэгулююць лік абаротаў рухавіка пастаяннага току?
8. Якое прызначэнне аўтамабільнага стартэра? Ад якой крыніцы ён жывіцца?

Работа 16. **Разборка і зборка аўтамабільнага генератара пастаяннага току і яго выпрабаванне**

Мэта работы. Вывучыць будову генератара пастаяннага току, навучыцца разбіраць, збіраць яго і выпрабоўваць у рабоце.

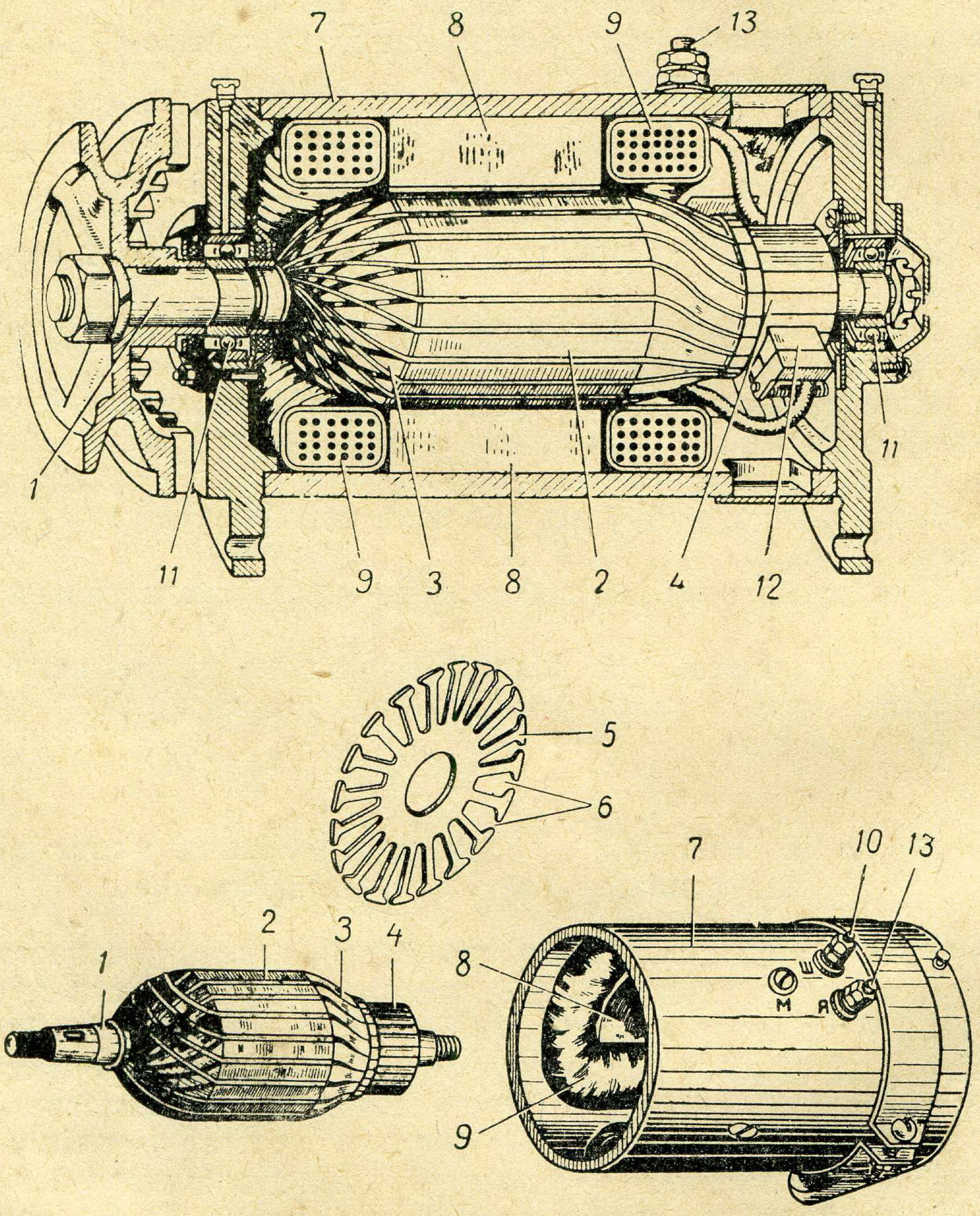
Прыборы і абсталяванне: 1) генератар пастаяннага току аўтамабіля або трактара (на 6 або 12 *в*), 2) прыстасаванне для вярчэння генератара (ручны рэдуктар), 3) лямпавы рэастат на 6 або 12 *в* (для нагрузкі), 4) дротавы рэастат з вялікім супраціўленнем (для ланцуга ўзбуджэння), 5) амперметр магнітаэлектрычны на 10—15 *а* (з нулём пасярэдзіне шкалы), 6) вольтметр

магнітаэлектрычны на 8—15 *в*, 7) батарэя акумулятараў на 6 або 12 *в*, 8) рэле адваротнага току (з электраабсталявання аўтамабіля), 9) аднаполюсны рубільнік, 10) адвёрткі (сярэдняя і вялікая), 11) малаток, 12) злучальныя правады.

Тэарэтычныя звесткі

Уключанае электраабсталяванне аўтамабіля спажывае электрычную энергію ў тых або іншых колькасцях амаль увесь час, а таму забяспечваць яго токам могуць толькі дзве адрозныя па свайму характару работы крыніцы току, а іменна — генератар і батарэя акумулятараў.

Так, напрыклад, пры руху аўтамабіля з сярэдняй скорасцю найбольш распаўсюджаныя электрычныя генератары на аўтамашы-



Рыс. 123. Аўтамабільны генератар у разрэзе і яго дэталі.

нах М-20 «Пабеда» даюць ток у 18 *а*. Калі аўтамабіль рухаецца днём, то свецяць толькі спецыяльныя сігналы, лямпы якіх спажываюць ток у 3 *а*, а астатні ток генератара (15 *а*) ідзе на зарадку акумулятараў.

Калі ж аўтамабіль рухаецца ноччу і пры гэтым уключаны амаль усе асвятляльныя лямпы, велічыня спажываемага току ўзрастае да 21 *а* і, відавочна, што току генератара ўжо недастаткова. Гэтую недастачу пакрывае батарэя акумулятараў. Электрычны генератар пры руху аўтамабіля працуе бесперапынна.

Разгледзім будову аўтамабільнага генератара (рыс. 123). Гэта генератар з паралельным узбуджэннем.

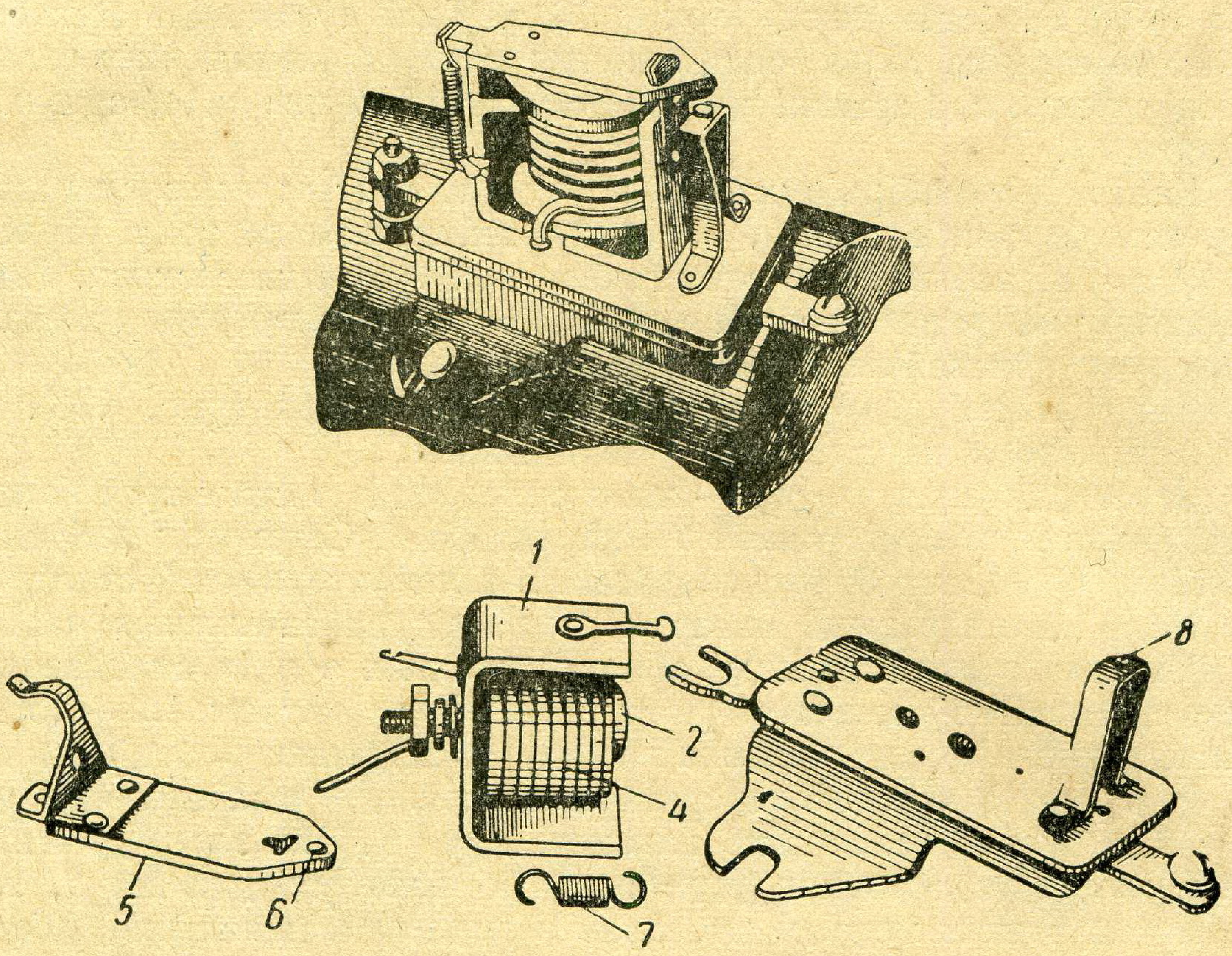
Яго верцячаяся частка — якар складаецца з стальнога вала *1*, сардэчніка *2*, абмоткі якара *3* і калектара *4*. Сардэчнік набраны з асобных пласцінак *5*, штампаваных з электратэхнічнай сталі, мае на сваёй цыліндрычнай паверхні глыбокія паўзачыненыя пазы *6*. У іх размяшчаюцца секцыі абмоткі, кожная з якіх складаецца з некалькіх віткоў меднага дроту ПЭЛБО дыяметрам 1,2—1,5 *мм*. Канцы кожнай секцыі прыпаяны да калектарных пласцін.

Нерухомай часткай генератара з'яўляецца цыліндрычны корпус *7* з двума полюснымі наканечнікамі *8*. На электрамагнітах размешчана паралельная (шунтавая) абмотка ўзбуджэння *9*, якая наматана тонкім медным провадам з эмалевай ізаляцыяй. Абедзве палавіны гэтай абмоткі наматаны ў адным напрамку і злучаны паміж сабой паслядоўна. Адзін свабодны канец абмоткі ўзбуджэння злучан з масай, а другі — з зажымам *10*, які ўстанаўліваюць на корпусе генератара і ізалююць ад корпуса.

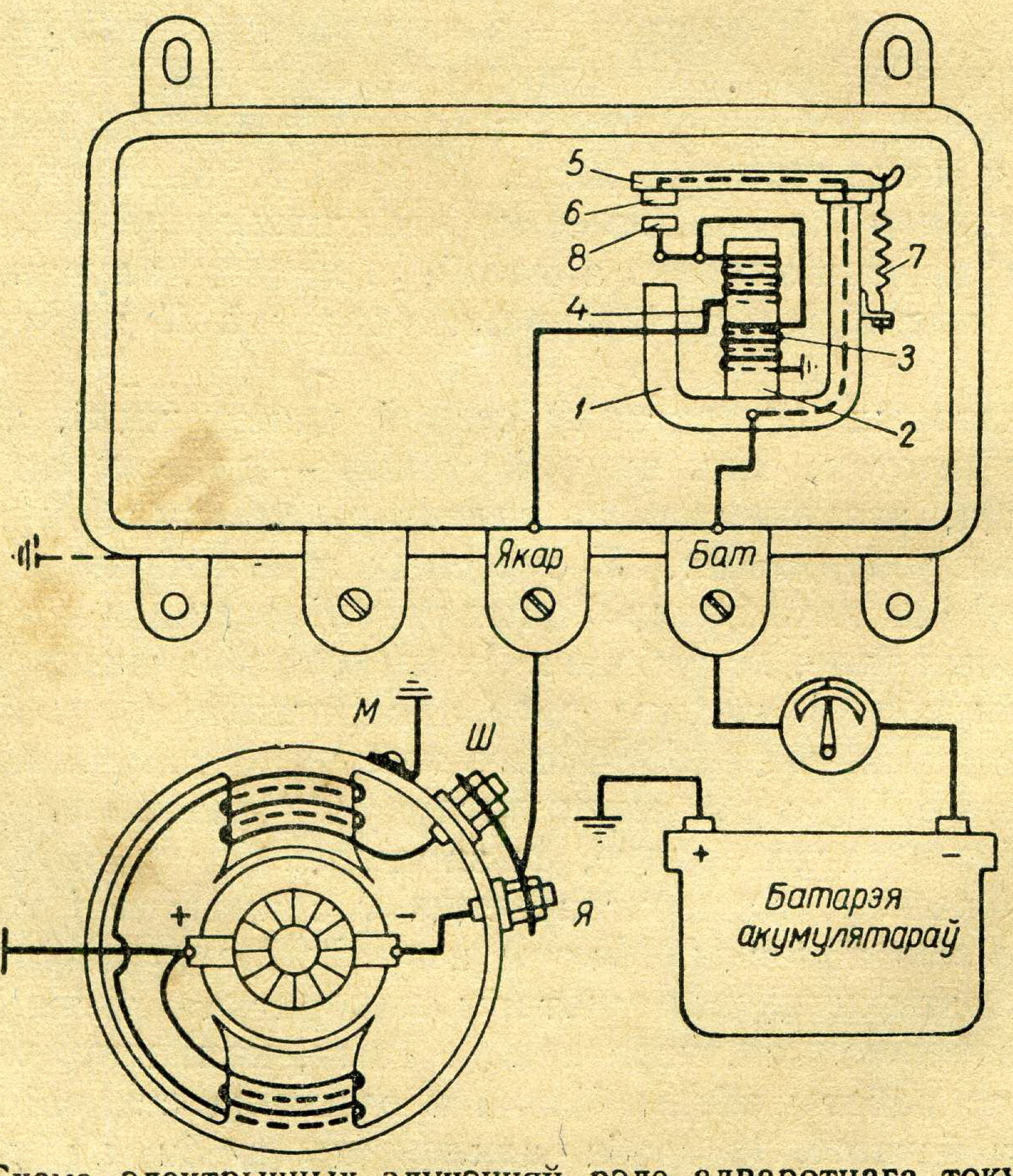
У бакавыя накрыўкі генератара запрасаваны шарыкападшыпнікі *11*, у якіх верціцца якар. Шчоткі *12* знімаюць з якара ток і адводзяць яго ў знешнюю сетку электраабсталявання аўтамабіля. Дадатная шчотка злучана з масай, а провад, злучаны з адмоўнай шчоткай, падключан да ізаляванага зажыма *13* на корпусе генератара.

У некаторых генератараў старой канструкцыі, акрамя дзвюх галоўных шчотак, ёсць яшчэ і трэцяя — дадатковая рэгуліровачная шчотка, размешчаная на калектары крыху збоку; яна злучана з абмоткай узбуджэння. У сучасных генератарах замест дадатковай шчоткі ўстанаўліваюць іншыя рэгуліровачныя прыстасаванні — спецыяльныя рэле, на рабоце якіх мы дэталёва спыняцца не будзем. Разгледзім толькі дзеянне рэле адваротнага току, без якога немагчыма нармальная работа ўсяго электраабсталявання аўтамабіля.

Генератар і батарэя акумулятараў злучаны паміж сабой увесь час. Калі генератар працуе, ён зараджае батарэю. А калі ён спыняе сваю работу, то ператвараецца ў спажыўца і ток ад батарэі пойдзе па яго абмотцы. Маючы невялікае супраціўленне, абмоткі генератара замкнуць акумулятары «накоратка», хутка іх разрадзяць і самі, награваючыся, перагараць. Таму, калі напружанне генератара ў час работы аўтамабільнага рухавіка становіцца менш напружання батарэі, іх трэба адключаць адзін ад другога. Для



Рыс. 124. Рэле адваротнага току і яго дэталі.



Рыс. 125. Схема электрычных злучэнняў рэле адваротнага току.

гэтага і ўстанаўліваюць рэле адваротнага току — электрамагнітны прыбор з рухомым і нерухомым кантактамі (рыс. 124 і 125).

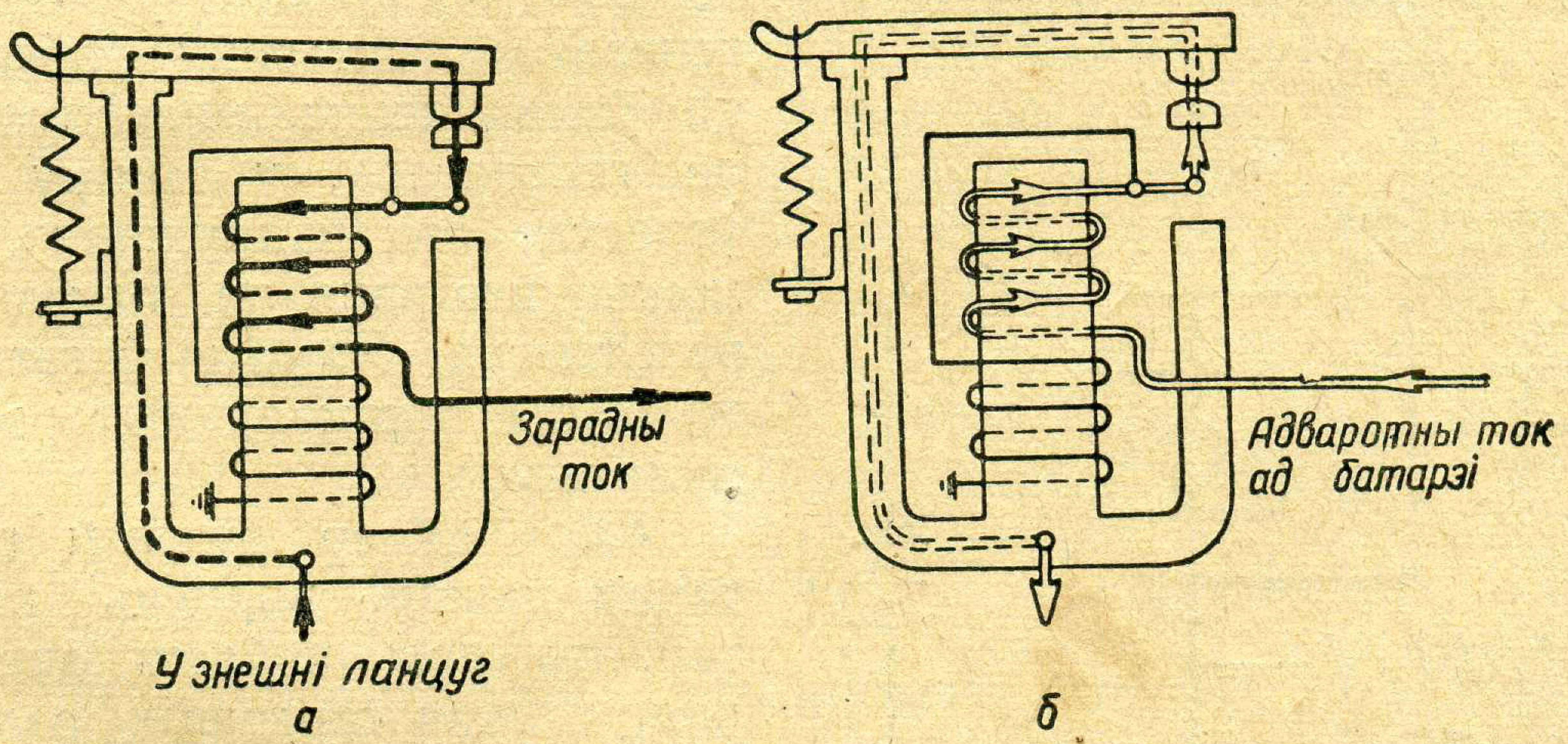
Гэта рэле змяшчае наступныя дэталі: ярмо *1*, ізаляванае ад масы; сардэчнік *2*; шунтавую абмотку *3* з проваду малога сячэння; паслядоўную абмотку *4* з тоўстага проваду; якар *5* з рухомым кантактам *6* і спружынай *7*; стойку ў выглядзе скабы з нерухомым кантактам *8*.

Абедзве абмоткі рэле размешчаны на цэнтральным стрыжні сардэчніка і пры праходжанні па іх току намагнічваюць яго.

Тонкая шунтавая абмотка рэле *3* падключана паралельна якару генератара: адзін яе канец злучан з масай, г. зн. з дадатным полюсам генератара, а другі — з паслядоўнай абмоткай рэле *4* і праз яе з адмоўным полюсам генератара.

Тоўстая паслядоўная абмотка рэле *4* з'яўляецца працягам знешняга ланцуга генератара. Другі канец яе праз кантакты рэле, яго якар і ярмо злучан з тым зажымам гэтага рэле, ад якога адыходзіць ток да спажыўцоў і да батарэі акумулятараў.

На малых абаротах рухавіка (да 650 аб/мін.) кантакты рэле застаюцца разамкнутымі. Хоць шунтавая абмотка рэле і жывіцца ў гэты час токам ад генератара, аднак невысокае напружанне яго пры малых абаротах не забяспечвае праходжання па гэтай абмотцы такога току, ад якога сардэчнік намагніціўся б і замкнуў кантакты



Рыс. 126. Работа рэле адваротнага току: *а* — калі напружанне генератара вышэй, чым напружанне батарэі, *б* — калі напружанне генератара ніжэй, чым напружанне батарэі.

рэле. Лік віткоў і сячэнне проваду гэтай абмоткі падабраны так, каб толькі ў той момант, калі напружанне генератара дасягне 6,5 *в* (або 13 *в*), г. зн. стане больш, чым напружанне батарэі, сардэчнік дастаткова намагніціцца і, пераадольваючы процідзеянне спружыны *7*, прыцягне якар рэле і замкне кантакты. З гэтага моманту генератар пачне аддаваць ток у знешні ланцуг (рыс. 126) і адначасова будзе зараджаць акумулятар.

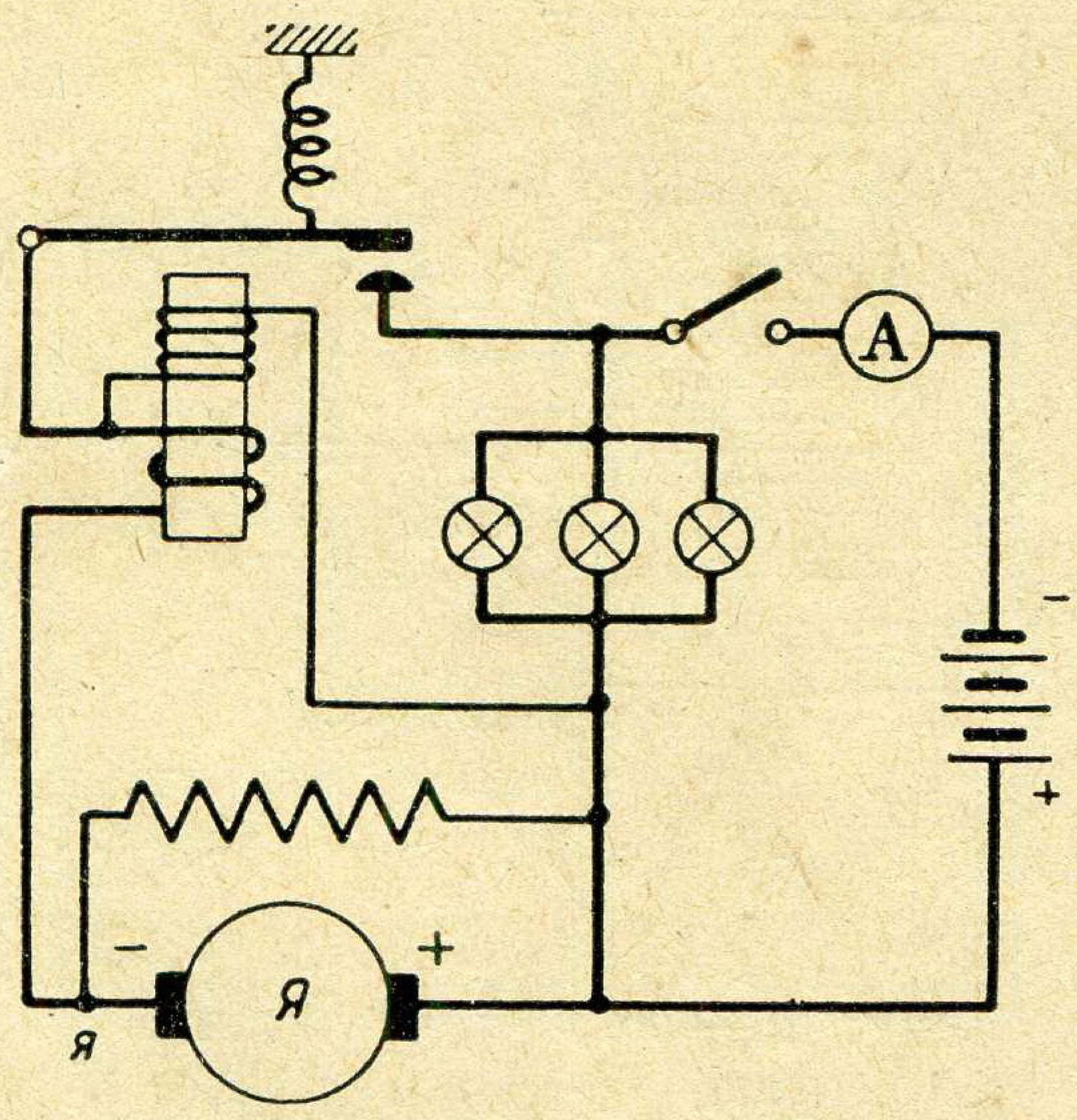
Калі ж лік абаротаў генератара пачне памяншацца і напружанне яго стане ніжэй, чым напружанне батарэі, то ў першы момант ток

батарэі пацячэ ў генератар, як у спажывец, і па паслядоўнай абмотцы рэле пройдзе ток адваротнага напрамку. Ад гэтага сардэчнік размагніціцца, спружына 7 адцягне якар рэле і разамкне яго кантакты.

У аўтамабілях на адной панелі з рэле адваротнага току ўстанаўліваюць яшчэ два рэле, якія рэгулююць работу генератара.

Апісанне электрычнай схемы работы

Схему для выпрабавання генератара (рыс. 127) пачынаюць збіраць з паслядоўнага ланцуга галоўнага току. Для гэтага адну клему *Я*, якая ёсць на корпусе генератара, злучаюць тоўстым правадам з той клемай рэле, якая таксама абазначана літарай *Я*. Гэта пачатак паслядоўнай абмоткі рэле. Другую клему гэтай абмоткі рэле злучаюць праз лямпы на «масу», а праз аднаполюсны рубільнік і амперметр — з адмоўнай клемай батарэі акумулятараў. Дадатную шчотку генератара, канец шунтавай абмоткі рэле, дадатную клему батарэі трэба злучыць з масай, г. зн. з корпусам самога генератара. Сабраўшы і праверыўшы паслядоўны ланцуг, паралельна шчоткам генератара ўключаюць вольтметр (на рыс. 127 не паказан). Пры ўключаным рубільніку пачынае вярцецца якар генератара, кантакты рэле яшчэ разамкнуты і ток з дадатнай шчоткі праз масу паступае толькі ў шунтавую абмотку рэле і ў абмоткі ўзбуджэння генератара. Ад току ўзбуджэння ўзмацняецца магнітнае поле генератара, у выніку чаго ўзрастае яго напружанне, што можна назіраць па паказаннях вольтметра. Лямпы ў гэты час жывяцца токам ад батарэі акумулятараў.



Рыс. 127. Схема выпрабавання аўтамабільнага генератара.

Калі цяпер ручным рэдуктарам пачаць вярцець генератар, то пры пэўным значэнні напружання сардэчнік рэле намагніціцца да такой ступені, што прыцягне якарчык і замкне кантакты. Тады генератар будзе жывіць токам лямпы і зараджаць акумулятар. На гэта будзе ўказваць змяненне напрамку току ў амперметры: яго стрэлка пяройдзе праз нуль на другі бок шкалы і стане паказваць велічыню той часткі току, якую генератар аддае на зарадку акумулятараў[1].

Калі пасля гэтага паступова памяншаць лік абаротаў якара генератара, то напружанне пачне памяншацца і надыдзе такі мо-

[1] Калі ёсць амперметр, 0 якога размешчан злева, неабходна вымераць напрамак току ў ім, г. зн. выкарыстаць пераключальнік.

мант, калі акумулятар будзе жывіць і лямпы, і абмоткі генератара. Стрэлка амперметра пяройдзе ў ранейшае становішча. У гэты момант па паслядоўнай абмотцы рэле пройдзе ток у адваротным напрамку, сардэчнік размагніціцца і адпусціць рухомы кантакт. Генератар пачне працаваць ухаластую.

Спыніўшы генератар, размыкаюць рубільнік, каб дарэмна не разраджалася батарэя акумулятара.

Выкананне работы

1. Разбярыце генератар, азнаёмцеся з яго таблічкай, будовай усіх дэталей і іх прызначэннем.
2. Вывучыце будову рэле адваротнага току.
3. Збярыце генератар; верцячы якар ад рукі, праверце правільнасць зборкі.
4. Злучыце вал генератара і рэдуктара гумавай трубкай, якая служыць у якасці муфты.
5. Збярыце электрычную схему выпрабавання генератара.
6. Перад тым як уключаць вольтметр да шчотак генератара, вымерайце і запішыце напружанне батарэі акумулятараў $U_б$.
7. Да таго як пачне вярцецца генератар, замкніце рубільнік, вымерайце і запішыце ток $I_л$, спажываемы лямпамі.
8. Верцячы рэдуктарам генератар па гадзіннікавай стрэлцы (калі глядзець з боку прыводу), пастунова павялічвайце лік абаротаў яго якара. Сачыце за вольтметрам і вызначце напружанне U_1, пры якім замыкаюцца кантакты рэле адваротнага току.
9. Пастунова памяншаючы лік абаротаў, вызначце напружанне U_2, пры якім кантакты рэле размыкаюцца і генератар спыняе падачу току ў знешні ланцуг.
10. Некалькі разоў павялічвайце і памяншайце лік абаротаў якара, назіраючы за работай схемы. Пасля заканчэння работы схему разбярыце і прывядзіце ў парадак рабочае месца.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы. Пералік асноўных этапаў работы.
2. Спіс дэталей генератара, рэле адваротнага току і іх прызначэнне.
3. Схемы: а) праходжанне току пры рабоце генератара і разамкнутых кантактах рэле, б) пры замкнутых кантактах рэле і в) пры спыненні генератара.
4. Пашпартныя даныя генератара.
5. Велічыні: $U_б$, U_1, U_2, $I_л$. Вывады.

Кантрольныя пытанні

1. Якое прызначэнне аўтамабільнага генератара? Чым яго будова адрозніваецца ад будовы стартэра?
2. Як працуе рэле адваротнага току? Чаму дадзена такая назва?

3. Якая намінальная магутнасць і напружанне выкарыстанага ў рабоце генератара?

4. Якія электравымяральныя прыборы выкарыстоўваліся ў рабоце?

5. Для чаго ў рабоце карыстаюцца амперметрам з нулём пасярэдзіне шкалы?

6. Чаму адна шчотка генератара злучана з яго корпусам?

7. Якую клему вольтметра (дадатную або адмоўную) трэба далучыць да корпуса генератара?

Работа 17. **Вызначэнне магутнасці і к. к. дз. рухавіка пастаяннага току**

Мэта работы. Вывучыць канструкцыю рухавіка пастаяннага току. Навучыцца збіраць электрычную схему ўключэння рухавіка, кіраваць распарадкам яго работы, вызначаць механічную магутнасць і каэфіцыент карыснага дзеяння (к. к. дз.).

Прыборы і абсталяванне: 1) рухавік пастаяннага току з паралельным узбуджэннем на 0,3—0,5 *квт*, на падстаўцы, 2) крыніца жыўлення на намінальнае напружанне рухавіка, 3) пускавы рэастат паўзунковага тыпу на 20—30 *ом*, 5 *а*, 4) рэгуліровачны рэастат паўзунковага тыпу на 180—240 *ом*, 1 *а*, амперметр пастаяннага току на 10 *а*, 5) амперметр пастаяннага току на 1 *а*, 6) вольтметр пастаяннага току на напружанне крыніцы; 7) секундамер і лічыльнік абаротаў або тахометр, 8) дынамометр школьны на 5 *кг*, 9) гіры на 1 *кг* 5—8 шт., 10) стужкавы тормаз, 11) злучальныя правады.

Тэарэтычныя звесткі

Як вядома, к. к. дз. рухавіка вылічваецца па формуле:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1},$$

дзе P_1 — спажываемая магутнасць

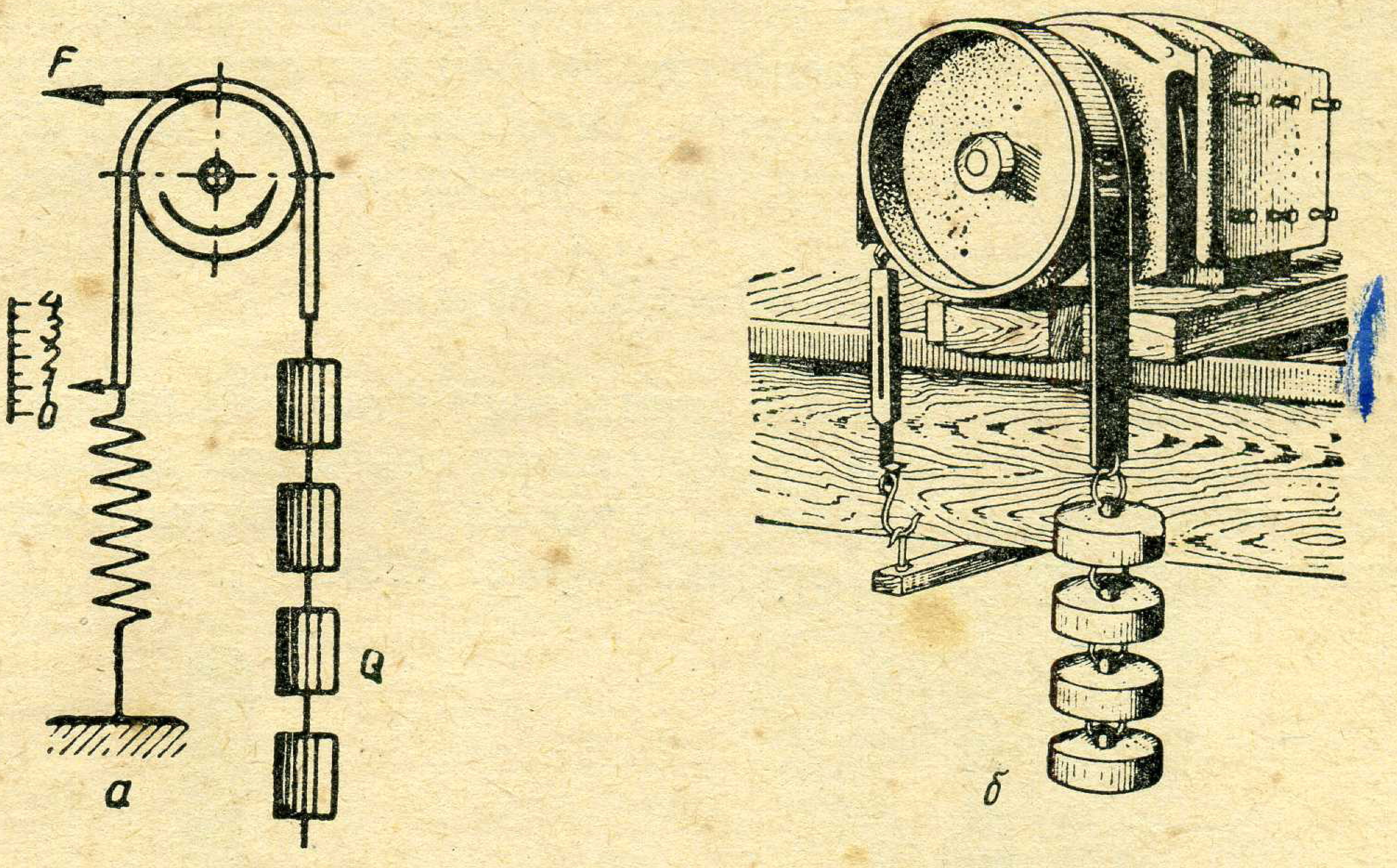
і P_2 — карысная магутнасць.

Магутнасць P_1, спажываемую рухавіком пастаяннага току, лёгка вылічыць па паказаннях амперметра і вольтметра, паколькі

$$P_1 = UI \text{ } вт.$$

Каб вызначыць механічную магутнасць P_2, якую аддае рухавік, ужываюць стужкавы тормаз: на канцы вала рухавіка ўстанаўліваюць шкіў, на яго накладваюць рамень і нагружаюць рухавік гірамі, якія падвешваюць да свабоднага канца рэменя. Другі канец рэменя праз спружынны дынамометр (рыс. 128) прымацоўваюць да стала або да спецыяльнай планкі. Пакуль рухавік не верціцца, шкіў дзейнічае як нерухомы блок, які толькі змяняе напрамак сілы, і паказанні дынамометра q роўны вазе гір Q. Калі ўключыць

рухавік у сетку і забяспечыць вярчэнне яго шківа ў напрамку, паказаным на рысунку, то паміж рэменем і паверхняй шківа ў кожным пункце іх сутыкнення ўзнікнуць сілы трэння. У выніку дзеяння гэтых сіл канец рэменя з гірамі Q трохі падымаецца



Рыс. 128. Схема будовы для нагрузкі рухавіка *(а)* і яго агульны выгляд *(б)*.

ўгору і паказанні дынамометра q паменшацца. Рознасцю $Q - q$ будзе вызначацца сумарная сіла трэння F (у *кГ*), якая дзейнічае на рэмень:

$$F = (Q - q)\,кГ.$$

Усе складаючыя сілы трэння, якія ўзнікаюць на шківе, знаходзяцца ад яго восі на адлегласці, роўнай радыусу шківа. Таму, памножыўшы сумарную сілу трэння на радыус шківа, вылічваюць верцячы момант рухавіка, які ён развівае ў гэты час:

$$M = F\frac{D}{2}\,кГм,$$

дзе D — дыяметр шківа ў *м*.

Ведаючы велічыню моманту M і вуглавую скорасць вярчэння рухавіка ω, па вядомай з механікі формуле $P_2 = 9{,}81\ M\omega$ *вт* вылічваем механічную магутнасць рухавіка, якая развіваецца ім у дадзены момант.

Каэфіцыент 9,81 уведзен у формулу для таго, каб рэзультат вылічэння быў не ў $\frac{кГм}{сек}$, а ў ватах (*вт*). Гэта аблегчыць параўнанне велічыні механічнай магутнасці P_2 з электрычнай магутнасцю P_1.

Велічыню вуглавой скорасці ўстанаўліваюць па вымераным ліку абаротаў рухавіка n у мінуту шляхам падстаноўкі яго ў формулу:

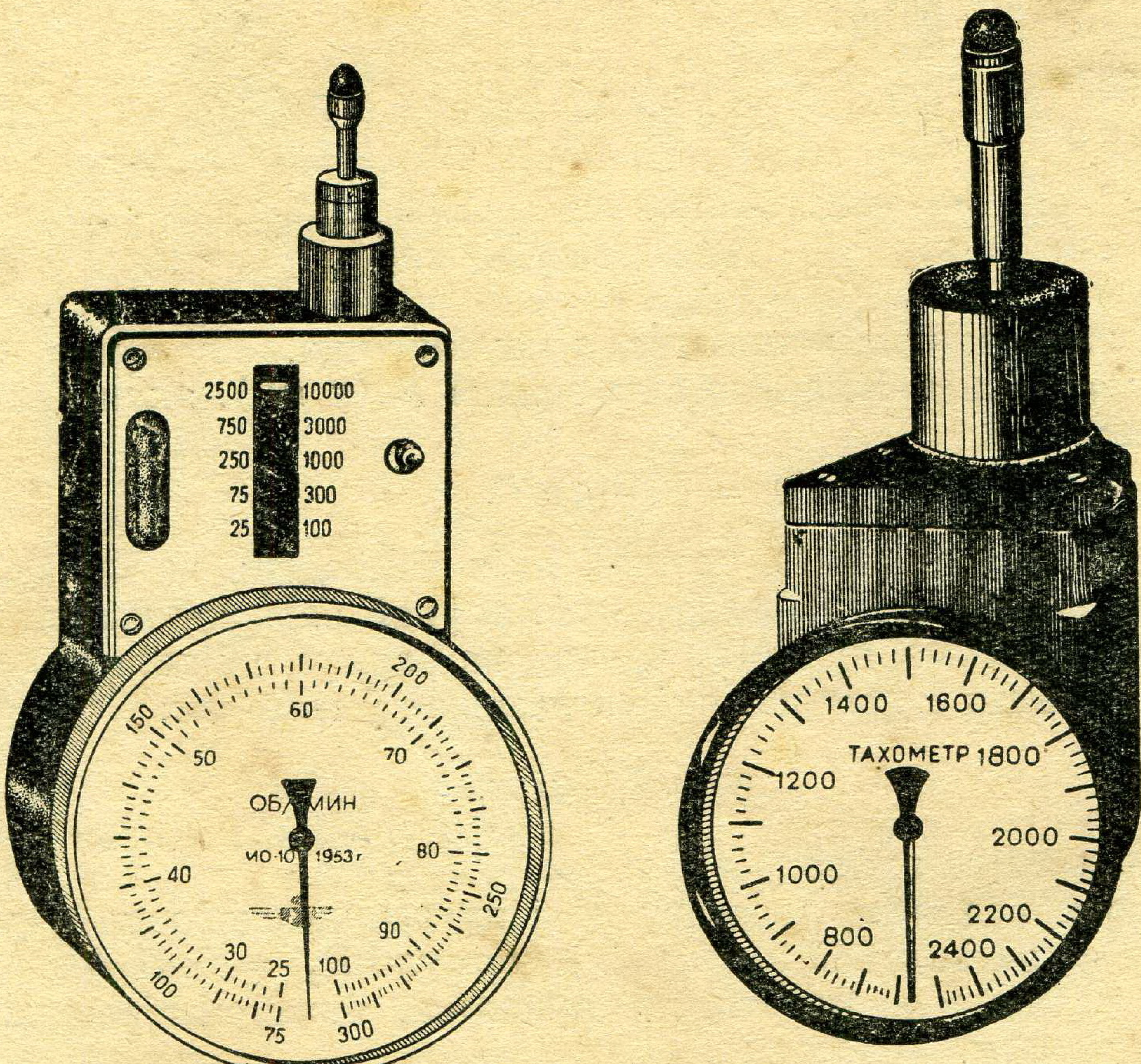
$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \cdot \frac{1}{сек}.$$

Лік абаротаў рухавіка ў мінуту n вызначаюць пры дапамозе лічыльніка абаротаў і секундамера або, што яшчэ лепш, спецыяльным прыборам — тахометрам.

Па першаму спосабу лік абаротаў вызначаюць так: злучыўшы вал лічыльніка абаротаў з валам рухавіка, пры дапамозе секундамера вымяраюць час, за які рухавік зробіць нейкі пэўны лік абаротаў (100, 200 або 300). Пасля гэтага няцяжка вылічыць, колькі абаротаў робіць рухавік у мінуту. Так, напрыклад, калі 250 абаротаў рухавік зрабіў за 10 секунд, то скорасць яго вярчэння:

$$n = \frac{250}{10} \cdot 60 = 1500 \text{ аб/мін.}$$

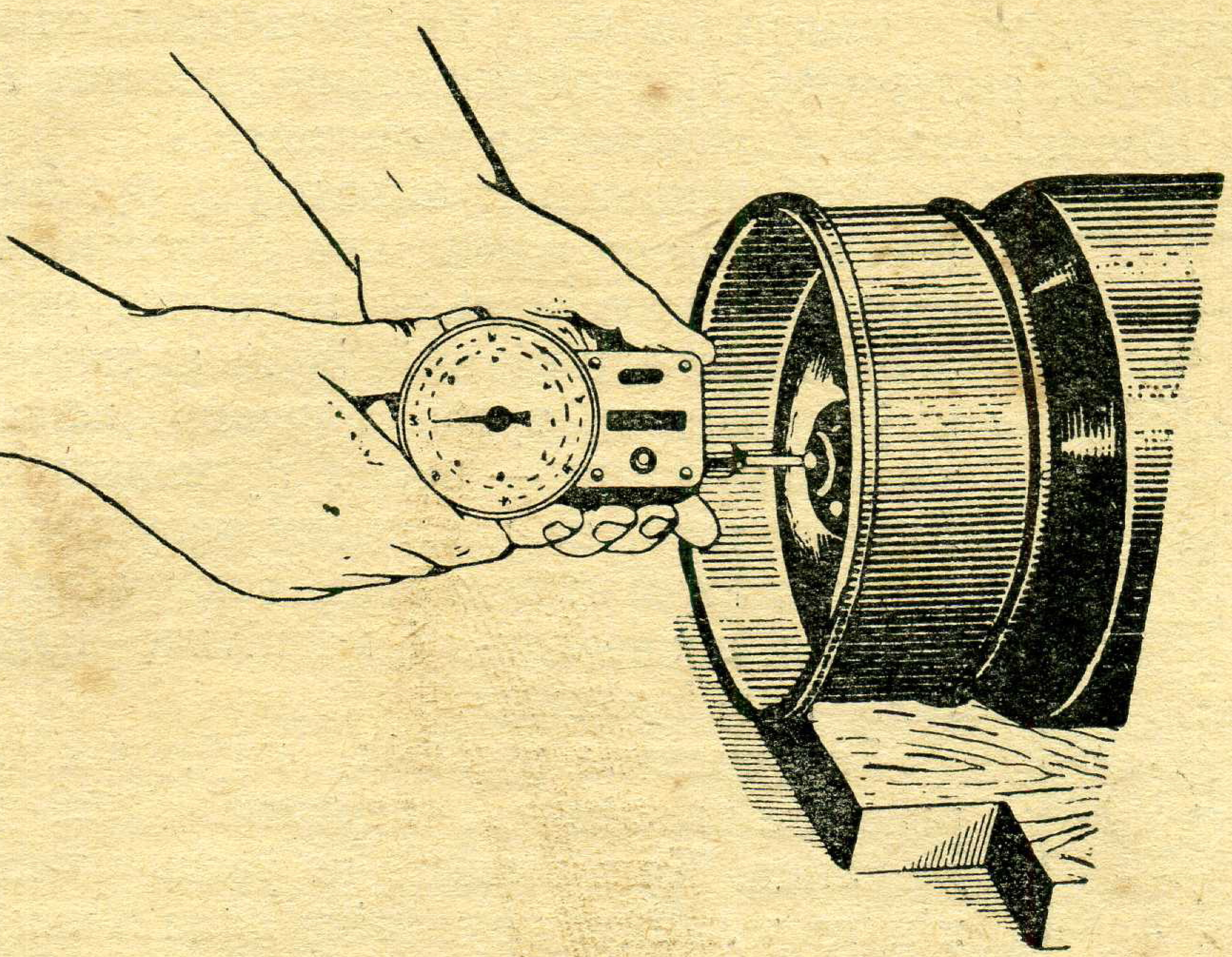
Пры гэтым спосабе траціцца многа часу і таму ён недастаткова зручны, асабліва тады, калі ў час работы неабходна некалькі разоў вызначыць скорасць вярчэння рухавіка. У гэтым выпадку лепш карыстацца тахометрам са стрэлкай (рыс. 129).



Рыс. 129. Тахометры.

Каб вызначыць скорасць вярчэння рухавіка, тахометр трэба паставіць так, каб вось яго супадала з воссю вала рухавіка, і гумавы наканечнік вала тахометра злёгку прыцінуць да конуснай адтуліны, вытачанай у цэнтры тарца вала (рыс. 130). Стрэлка тахометра пакажа скорасць вярчэння рухавіка (у абаротах у мінуту).

Змяняючы некалькі разоў велічыню нагрузкі Q і вылічваючы ў кожным з гэтых выпадкаў карысную магутнасць рухавіка P_2 і спажываемую ім магутнасць P_1, можна вызначыць каэфіцыент карыс-



Рыс. 130. Карыстанне тахометрам.

нага дзеяння η. Прааналізаваўшы атрыманыя значэнні к. к. дз., няцяжка ўстанавіць, як больш мэтазгодна нагружаць дадзены рухавік, каб ён працаваў з найвышэйшым к. к. дз., г. зн. найбольш эканамічна.

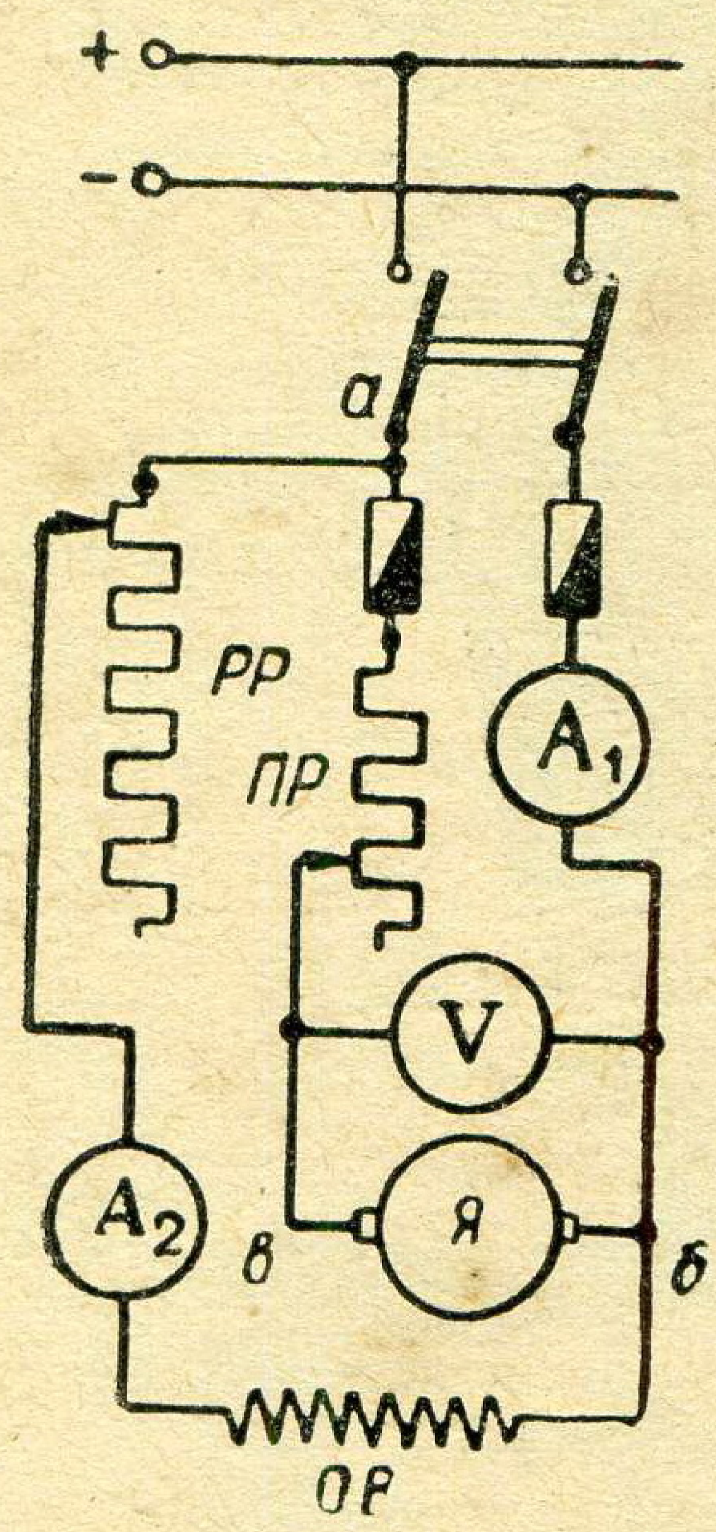
Велічыня к. к. дз. будзе заўсёды менш адзінкі, паколькі частка спажываемай рухавіком энергіі расходуецца на пакрыццё страт пры яго рабоце і затрачаная на гэта энергія пераўтвараецца ў цяпло, якое награвае дэталі рухавіка.

Па вымераных пры даследаванні велічынях можна ўстанавіць, як змяняецца скорасць вярчэння рухавіка, спажываемая ім магутнасць і ток пры паступовым павелічэнні нагрузкі, і пабудаваць графікі, якія будуць наглядна паказваць залежнасць паміж гэтымі велічынямі.

Гэта дасць магчымасць, не перагружаючы рухавік, выбраць мэтазгодны рэжым яго работы, які адпавядаў бы нармальным умовам эксплуатацыі. Такое правільнае з тэхнічнага пункту гледжання выкарыстанне рухавіка намнога павялічвае тэрмін яго работы без рамонту.

Электрычная схема

Электрычная схема жыўлення токам даследуемага рухавіка дадзена на рысунку 131. Схему пачынаюць збіраць з паслядоўнага ланцуга току праз якар. У гэты ланцуг уключаюць абмотку якара рухавіка *Я*, амперметр A_1 і пускавы рэастат *ПР*. Паралельна далучаюць ланцуг узбуджэння рухавіка, у які ўваходзіць сама абмотка ўзбуджэння *ОВ*, амперметр A_2 і рэгуліровачны рэастат *РР*. Паралельна да абмоткі якара падключаюць вольтметр *V*.



Рыс. 131. Схема жыўлення рухавіка пастаянным токам: *ОВ* — абмотка ўзбуджэння, *ПР* — пускавы рэастат, *РР* — рэгуліровачны рэастат.

Каб выканаць працэс пуску рухавіка, у першы ж момант паміж яго полюсамі неабходна стварыць максімальны магнітны паток. Таму абодва праваднікі, якія ідуць ад ланцуга абмоткі ўзбуджэння, трэба злучаць непасрэдна з зажымамі сеткі — перад пускавым рэастатам. Акрамя таго, на час пуску рэгуліровачны рэастат цалкам выводзіцца. Ток у абмотцы ўзбуджэння, а значыць, і магнітнае поле будуць тады максімальныя.

Запускаючы рухавік, паўзунок пускавога рэастата выводзяць, перамяшчаючы паступова да канца. Калі вывесці не ўвесь рэастат, а пакінуць у ланцугу рухавіка хаця б некалькі яго апошніх віткоў, то яны хутка перагрэюцца, перагараць і рэастат будзе сапсаваны.

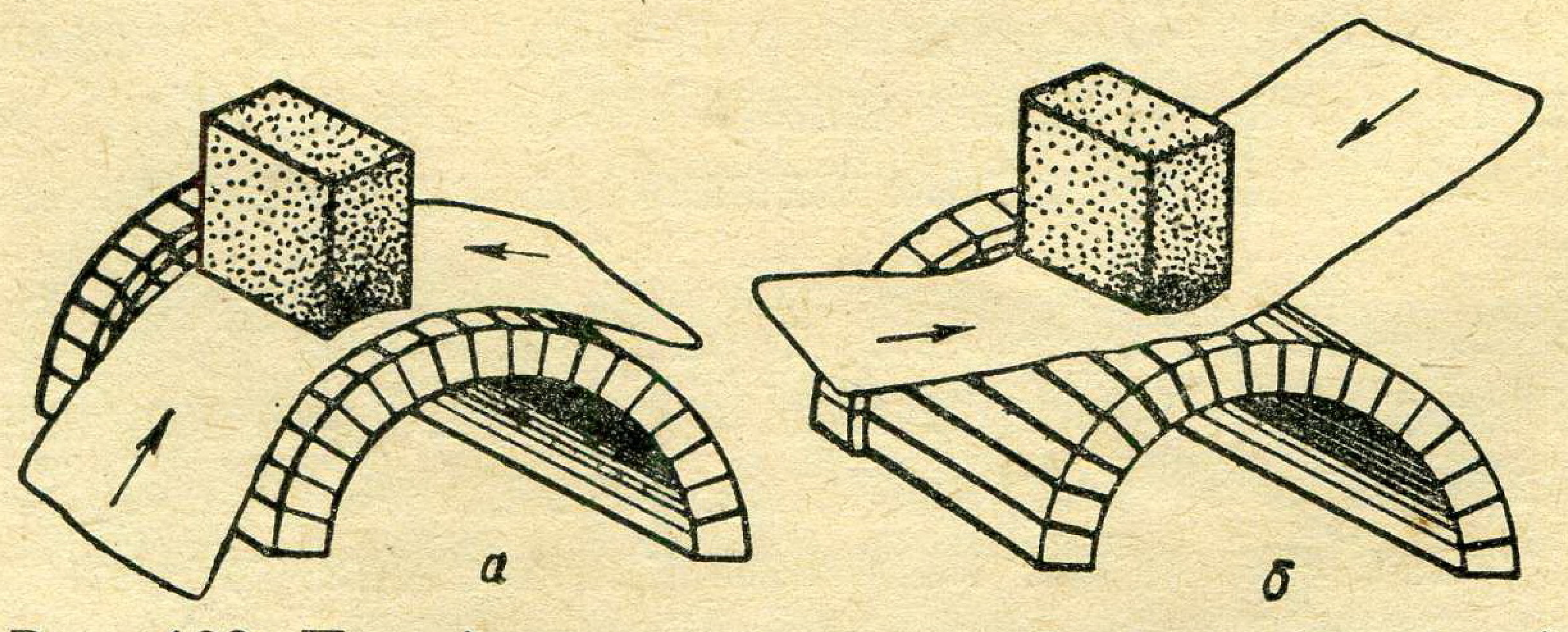
Выкананне работы

1. Вывучыце будову рухавіка ў цэлым і асобныя яго дэталі.

2. Праверце шчыльнасць прылягання шчотак да калектара, у выпадку неабходнасці прытрыце рабочую паверхню шчотак да калектара дробнай шкляной паперай (рыс. 132).

3. Выканайце электрычны мантаж жыўлення рухавіка.

4. Зрабіце пробны пуск, рэгуляванне ліку абаротаў і змяненне напрамку вярчэння рухавіка.



Рыс. 132. Прыціранне шчотак да калектара шкляной паперай: *а* — правільнае, *б* — няправільнае.

5. Цалкам выведзіце рэгуліровачны рэастат; павялічваючы паступова пры дапамозе стужкавага тормаза і гір Q нагрузку рухавіка, вызначайце кожны раз спажываемы ток I, напружанне U, лік абаротаў n, паказанні дынамометра q і ўсе гэтыя даныя запішыце ў табліцу.

Нагрузка	Даныя назіранняў				Рэзультаты вылічэнняў					
	I	U	n	g	P_1	F_1	M вяр.	ω	P_2	η
	а	*в*	*аб/мін*	*кГ*	*квт*	*кГ*	*кГм*	$\frac{1}{сек}$	*квт*	
0 (халасты ход) 1 *кГ* 2 *кГ* 3 *кГ* 4 *кГ* 5 *кГ* 6 *кГ*										

Вымерайце дыяметр рабочай часткі шківа рухавіка (у *м*).

6. Памяншаючы паступова ток узбуджэння шляхам паступовага ўводу рэгуліровачнага рэастата *РР*, вымярайце кожны раз узрастаючы лік абаротаў рухавіка. Атрыманыя даныя занясіце (ў наступную табліцу:

$I_{узб.}$								
n аб/мін								

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Кароткі змест выканання асобных этапаў работы.
3. Табліца вымярэнняў і вылічэнняў.
4. Графікі:

а) залежнасці к. к. дз. η ад магутнасці рухавіка P_2; $\eta = f(P_2)$;
б) ліку абаротаў n ад магутнасці рухавіка P_2; $n = f(P_2)$;
в) спажываемага току I ад магутнасці рухавіка P_2; $I = f(P_2)$.

5. Графік залежнасці ліку абаротаў рухавіка ад току яго ўзбуджэння; $n = f(I_{узб.})$.
6. Вывады з графікаў аб найбольш эфектыўнай нагрузцы рухавіка, пры якой к. к. дз. яго найвышэйшы: велічыня спажываемага току I пры гэтай нагрузцы рухавіка і лік яго абаротаў n.

Кантрольныя пытанні

1. Што называецца каэфіцыентам карыснага дзеяння рухавіка? Як ён вылічваецца?

2. У якім становішчы павінны знаходзіцца паўзункі рэастатаў у момант пуску рухавіка? Які парадак пуску рухавіка?

3. Для чаго выкарыстоўваецца стужкавы тормаз?

4. Для якой мэты пры правядзенні работы трэба вымяраць дыяметр шківа рухавіка?

5. Як змяняецца к. к. дз. рухавікоў пастаяннага току пры змяненнях іх нагрузкі?

6. Чаму пры памяншэнні току ўзбуджэння лік абаротаў рухавіка ўзрастае?

7. Куды расходуецца энергія, спажываемая рухавіком пры рабоце яго «ўхаластую» — без нагрузкі?

Работа 18. **Разборка і зборка электрычнага рухавіка аднафазнага току і ўключэнне яго ў электрасетку**

Мэта работы. Вывучыць будову электрарухавіка аднафазнага току, навучыцца разбіраць і збіраць яго, а таксама выконваць электрычную схему жыўлення рухавіка і пускаць яго ў ход.

Прыборы і абсталяванне: 1) асінхронны рухавік аднафазнага току, на 127 *в* або 220 *в*, 2) аднаполюсны рубільнік, 3) двухполюсны рубільнік, 4) рэастат (на 2 *а*, 40—50 *ом*) або аўтатрансфарматар (ЛАТР-1) для рэгулявання напружання, 5) вольтметр пераменнага току, разлічаны на напружанне сеткі, 6) амперметр пераменнага току на 3 *а*, 7) лічыльнік абаротаў і секундамер (або тахометр), 8) рэмень і грузы для нагрузкі рухавіка, 9) адвёрткі (сярэдняя і малая), 10) невялікі развадны гаечны ключ, 11) злучальныя правады.

Тэарэтычныя звесткі

Аднафазныя рухавікі пераменнага току вырабляюць пераважна невялікай магутнасці (100—300 *вт*) і разлічваюць на напружанне ў 127 або 220 *в*, таму іх можна ўключаць непасрэдна ў асвятляльную сетку.

Перад тым як падключаць рухавік да сеткі, трэба вызначыць па даных яго пашпарта (таблічкі) рабочае напружанне і праверыць, ці адказвае яно напружанню сеткі, ад правадоў якой будуць жывіць рухавік токам.

Калі сетка трохфазная, то трэба ўстанавіць, якое яе напружанне — фазнае або лінейнае — адпавядае рабочаму напружанню рухавіка. Як вядома, у СССР найбольш распаўсюджаны трохфазныя нізкавольтавыя сеткі з напружаннем 220/127 *в*, дзе 220 *в* — лінейнае напружанне, а 127 *в* — фазнае.

Калі рухавік разлічан на напружанне 220 *в*, то два вывады яго трэба далучыць да двух лінейных правадоў сеткі. Тады на яго будзе дзейнічаць лінейнае напружанне ў 220 *в*. Калі ж рабочае напружанне рухавіка складае 127 *в*, то адзін вывадны провад яго падключаюць да аднаго з трох лінейных правадоў сеткі, а другі — да нулявога проваду.

У рухавікоў без пускавых абмотак напрамак вярчэння залежыць толькі ад таго, у які бок яго раскруцілі ад рукі ў момант пуску. Калі ж рухавік мае пускавую абмотку, то для змянення напрамку яго вярчэння трэба памяняць месцамі два вывадныя правады гэтай абмоткі.

Каб азнаёміцца з унутранай будовай гэтага рухавіка, яго разбіраюць. Для гэтага спачатку знімаюць адну з бакавых накрывак рухавіка і вымаюць яго ротар. Калі на адзін з канцоў вала рухавіка насаджан шкіў, то знімаюць накрыўку, якая знаходзіцца з таго ж боку, што і шкіў. Для таго каб зняць накрыўку, трэба адкруціць тры або чатыры вінты, якія прымацоўваюць яе да корпуса рухавіка.

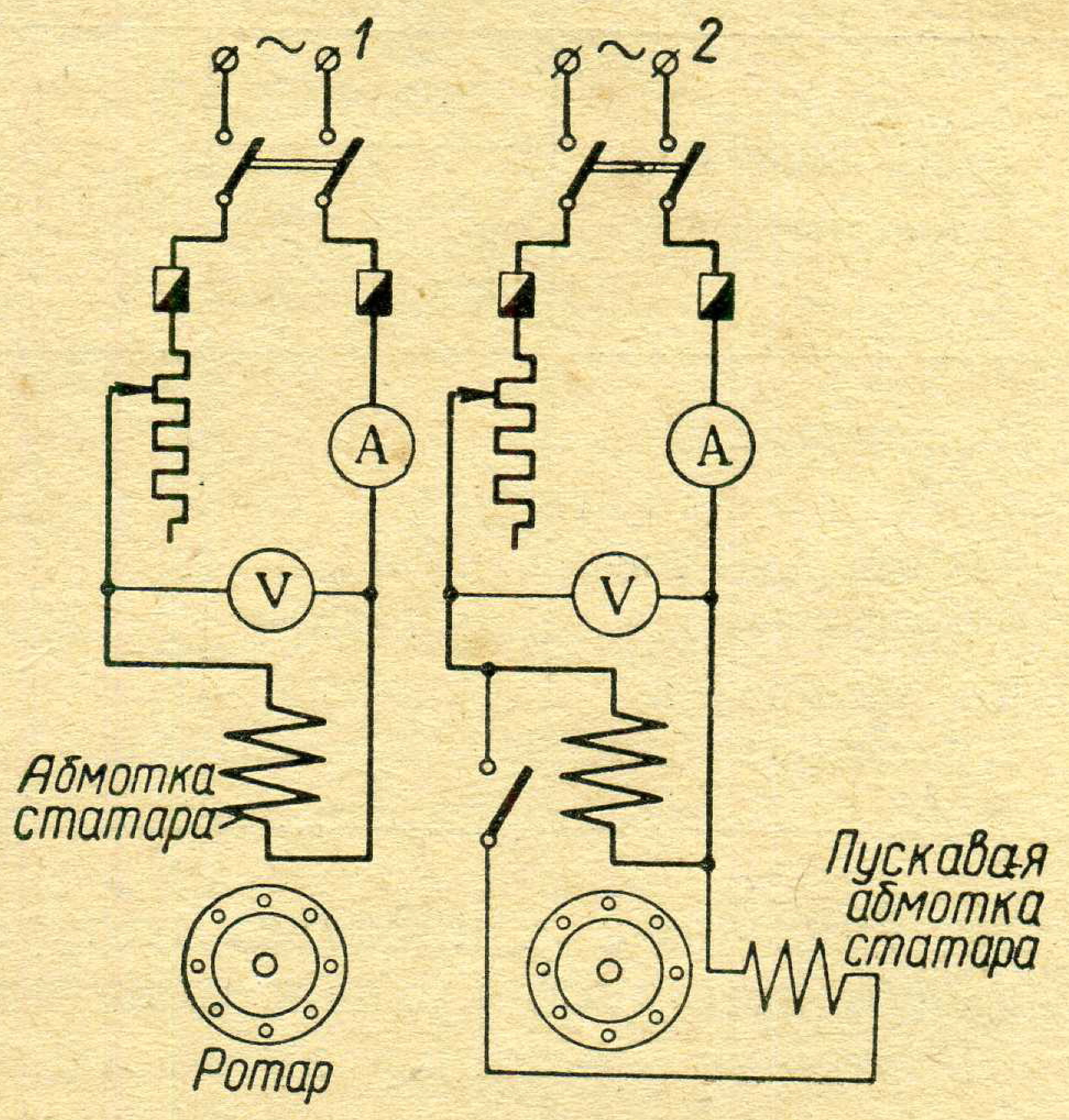
Электрычная схема

Для даследавання тэхнічных уласцівасцей рухавіка яго ўключаюць у сетку, сабраўшы адпаведную схему. Перад зборкай схемы трэба вызначыць, як ажыццяўляецца пуск гэтага рухавіка — ад рукі або пры дапамозе пускавой абмоткі. Калі рухавік не мае спецыяльнага прыстасавання для аўтаматычнага адключэння пускавой абмоткі пасля пачатку работы рухавіка, то ў ланцугу абмоткі ставяць аднаполюсны рубільнік — для яго размыкання.

Магчымыя схемы ўключэння рухавікоў пры правядзенні гэтай работы дадзены на рысунку 133 (*1* — для рухавіка без пускавой абмоткі, *2* — для рухавіка з пускавой абмоткай).

Для рэгулявання напружання ў схемы ўключаны рэастаты (або аўтатрансфарматары), а для вымярэння напружання і спажываемага току — вольтметр і амперметр.

Як звычайна, мантаж пачынаюць выконваць з паслядоўнай часткі, у якую ўваходзяць рубільнік, рэастат, рабочая абмотка статара рухавіка і амперметр. Пасля гэтага да сабранай часткі схемы далучаюць паралельна ланцуг пускавой абмоткі і вольтметр.



Рыс. 133. Схемы для правядзення работы па даследаванню аднафазнага рухавіка пераменнага току.

Выкананне работы

1. Азнаёмцеся з пашпартам рухавіка і ўстанавіце яго рабочае напружанне і намінальны рабочы ток.

2. Разбярыце рухавік, вывучыце будову і прызначэнне ўсіх яго дэталей.

3. Устанавіце наяўнасць пускавой абмоткі.

4. Збярыце рухавік; верцячы якар ад рукі, праверце правільнасць зборкі.

5. Збярыце электрычную схему выпрабавання рухавіка ў рабоце.

6. Зрабіце пробны пуск рухавіка ўхаластую (без нагрузкі). Вымерайце і запішыце лік абаротаў рухавіка.

7. Змяніце напрамак вярчэння рухавіка.

8. Накладзіце на шкіў рухавіка тармазны рэмень. Нагрузіце рухавік, які працуе, гіркамі так, каб ён спажываў намінальную велічыню току. Напрамак вярчэння рухавіка пры нагрузцы трэба выбраць такі, каб сілы трэння, узнікаючыя на шківе, дзейнічалі супраць сіл цяжару грузаў.

9. Вымерайце лік абаротаў рухавіка пры намінальным напружанні сеткі. Паменшыце некалькі разоў рэастатам напружанне згодна з табліцай і вымерайце лік абаротаў рухавіка.

Рэзультаты даследаванняў запішыце ў табліцу.

Табліца назірання за работай рухавіка

Напружанне ў % ад намінальнага	100 %		90 %	80 %	70 %	60 %	50 %	
	халасты ход	з нагрузкай						
Напружанне U ў $в$								
Спажываемы ток I ў a								
Лік абаротаў n у аб/мін								0 (прыпынак)

10. Паступова паніжаючы напружанне, вызначце тую яго велічыню, пры якой рухавік спыняецца.

У момант прыпынку хутка адключыце рухавік ад сеткі.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Кароткі пералік праведзеных этапаў работы.
3. Электрычная схема работы і табліца запісу паказанняў.
4. Графікі змянення ліку абаротаў рухавіка і спажываемага ім току пры паступовым памяншэнні рабочага напружання ($n = f(U)$; $I = f(U)$), пабудаваныя па даных табліцы на міліметравай паперы.
5. Пашпартныя даныя вывучанага рухавіка і вывады.

Кантрольныя пытанні

1. Растлумачце прынцып дзеяння аднафазных асінхронных рухавікоў.
2. Якія ёсць спосабы пуску ў ход аднафазных асінхронных рухавікоў?
3. Пры дапамозе чаго ў аднафазных рухавіках ствараюць верцячаеся магнітнае поле?
4. Што трэба зрабіць, каб змяніць напрамак вярчэння аднафазнага рухавіка?
5. Як уплывае змяненне напружання на лік абаротаў аднафазнага рухавіка?
6. Дзе на практыцы ўжываюць аднафазныя асінхронныя рухавікі?

Работа 19. **Уключэнне лямп у сетку трохфазнага току**

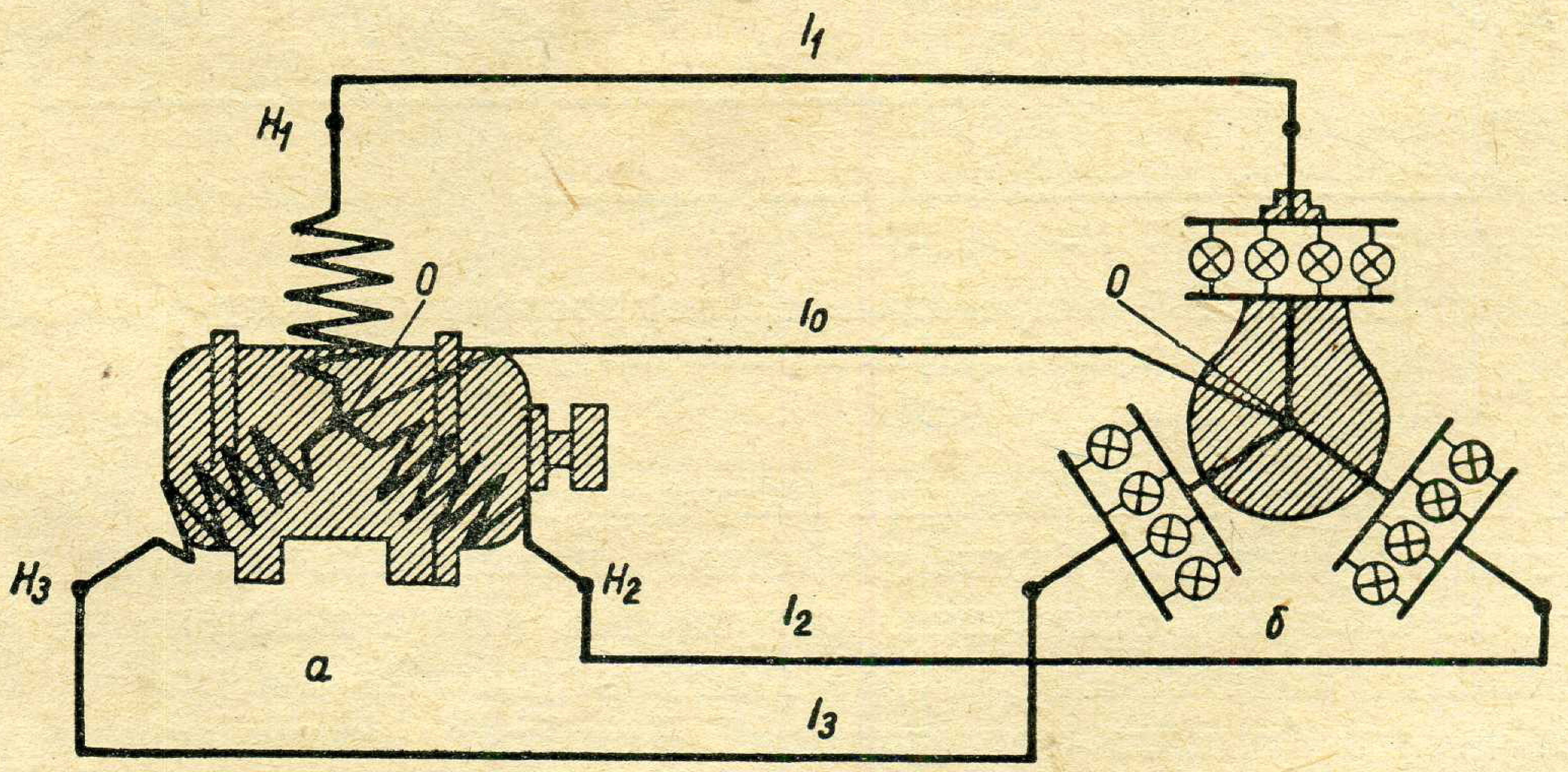
Мэта работы. Вывучыць сістэму сеткі трохфазнага току, навучыцца вызначаць суадносіны паміж фазамі, лінейнымі напружаннямі і токамі, злучэнне спажыўцоў зоркай і трохвугольнікам.

Прыборы і абсталяванне: 1) лямпавыя рэастаты на 2—3 лямпы —3 шт. (або адзін трохфазны рэастат); 2) лямпы напальвання на 220 *в*, 40—100 *вт* — 6 або 9 шт., 3) вольтметр пераменнага току на 250 *в*, 4) амперметр пераменнага току на 3 *а*, 5) аднаполюсны рубільнік, 6) дошка з чатырма кантактамі рыс. 140), 7) кантактавы нож (рыс. 141), 8) два праваднікі са шчупамі на канцах, 9) злучальныя правады.

Тэарэтычныя звесткі

У трохфазнай сетцы ўжываюцца злучэнні зоркай і трохвугольнікам.

Калі абмоткі генератара і праваднікі спажыўца трохфазнага току злучаны так, што адны іх вывады (канцы) аб'яднаны ў нулявы



Рыс. 134. Злучэнне абмотак генератара і спажыўцоў зоркай.

пункт, а другія (пачаткі) далучаюцца да лінейных правадоў, то такое злучэнне называюць зоркай (рыс. 134). Умоўна прынята, што па трох лінейных правадах гэтай сістэмы да спажыўцоў падыходзяць рабочыя токі I_1, I_2 і I_3. Па нулявым провадзе да генератара вяртаецца назад ток I_0.

З тэорыі трохфазнага току вядома, што пры аднолькавай нагрузцы ўсіх трох фаз ток у нулявым провадзе ровен нулю і гэты провад робіцца непатрэбным.

У сістэме трохфазнага току дзейнічаюць два розныя напружанні:

а) лінейнае напружанне $U_л$, якое дзейнічае паміж кожнымі двума лінейнымі правадамі;

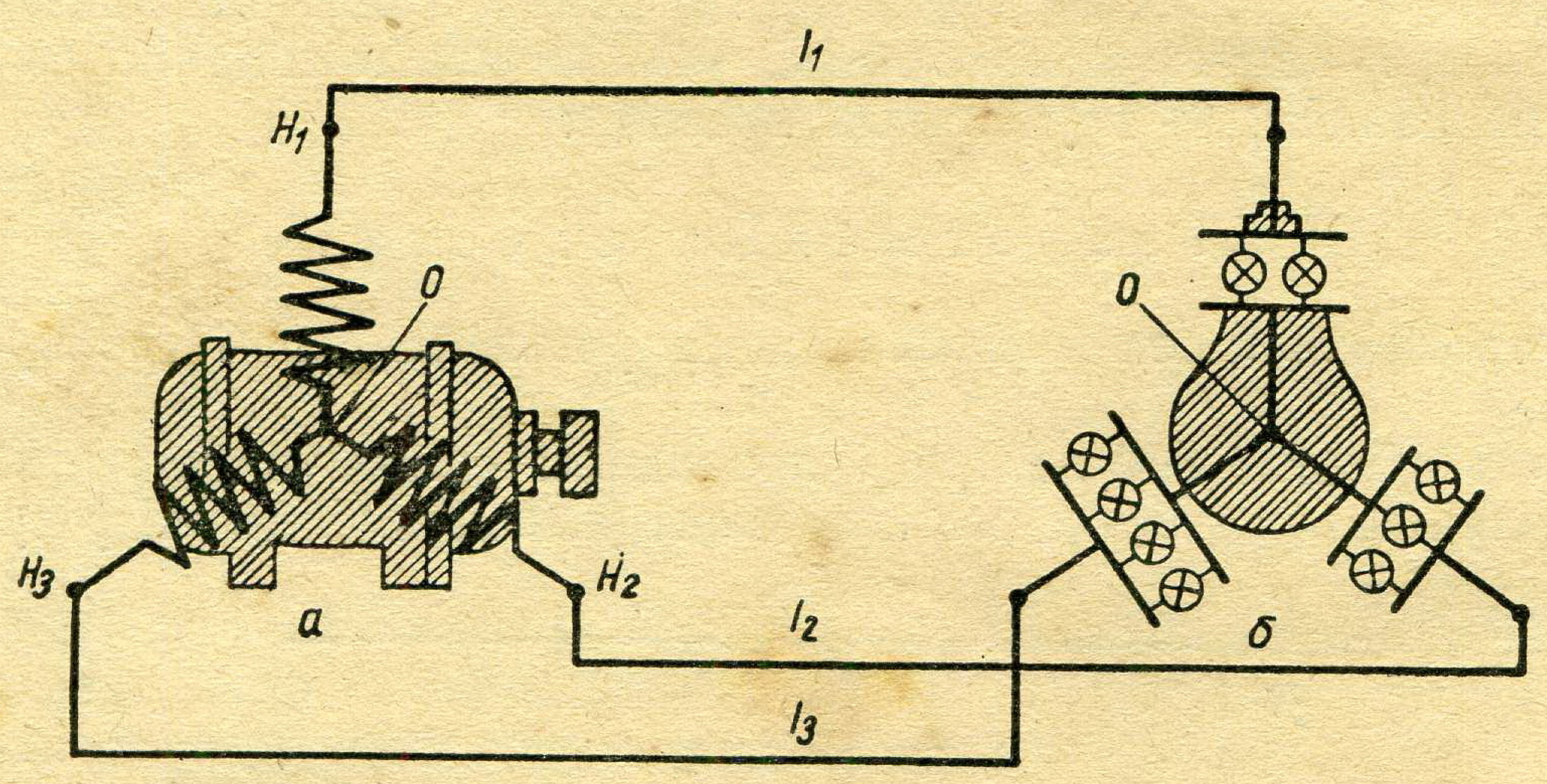
б) фазнае напружанне $U_ф$, якое дзейнічае паміж любым лінейным і нулявым правадамі.

Пры наяўнасці нулявога проваду фазнае напружанне на зажымах спажыўцоў у 1,73 раза менш, чым лінейнае:

$$U_{л\lambda} = 1,73\ U_{ф\lambda}.$$

Калі ж сістэма трохправадная (без нулявога проваду), то такая суадносіна паміж напружаннямі захоўваецца толькі пры раўнамернай нагрузцы ўсіх трох фаз сістэмы, калі ў кожную фазу ўключаны спажыўцы аднолькавай магутнасці.

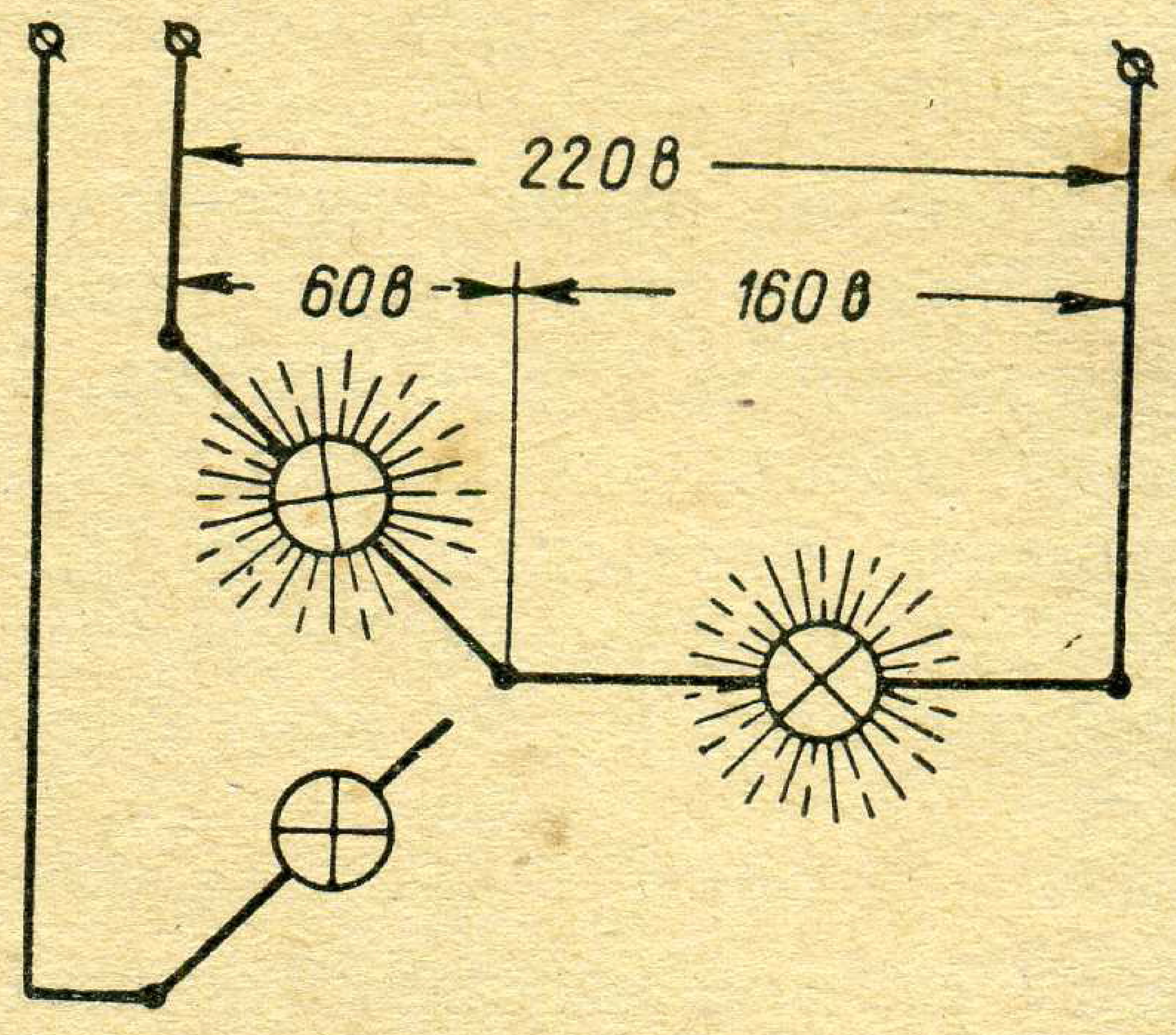
Калі ж няма нулявога проваду і пры гэтым тры спажыўцы рознай магутнасці злучаны зоркай (рыс. 135), то кожны спажывец будзе знаходзіцца пад неаднолькавым фазным напружаннем.



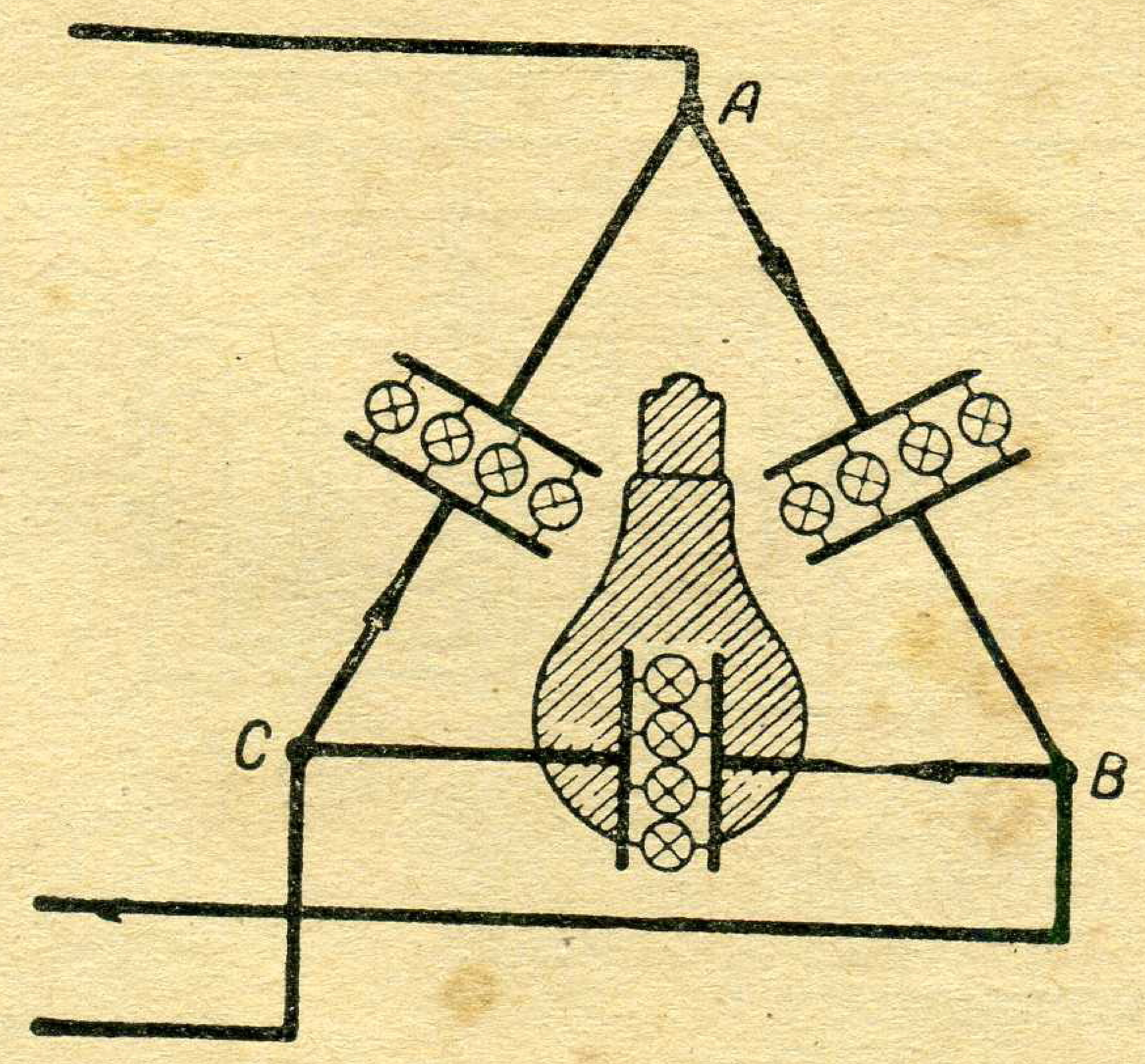
Рыс. 135. Трохправадная сістэма трохфазнага току пры нераўнамернай нагрузцы.

На спажыўцу з найбольшай магутнасцю, а значыць, з найменшым супраціўленнем, будзе дзейнічаць паменшанае фазнае напружанне. Наадварот, спажывец, магутнасць якога найменшая, а супраціўленне найбольшае, будзе знаходзіцца пад дзеяннем значна павялічанага фазнага напружання. Калі гэты спажывец на такое напружанне не разлічан, ад перагрузкі ён хутка выйдзе са строю.

Растлумачыць гэта можна так. Разамкнём умоўна адну з фаз нераўнамерна нагружанай зоркі (рыс. 136). Тады на дзве фазы, якія засталіся ўключанымі, будзе дзейнічаць лінейнае напружанне сеткі. Спажыўцы гэтых дзвюх фаз злучаны паслядоўна, і напружанне размяркуецца паміж імі не пароўну, а прапарцыянальна велічыням іх супраціўленняў. Значыць, на спажыўцу, які мае большае супраціўленне, будзе дзейнічаць адпаведна павялічаная частка напружання, хаця магутнасць яго меншая. Разглядаючы размеркаванне напружанняў на дзвюх другіх фазах, таксама можна пераканацца ў наяўнасці нераўнамернага іх размеркавання. З гэтага тлумачэння відаць, што злучэнне зоркай падобна на паслядоўнае злучэнне спажыўцоў. Вось чаму для жыўлення спажыўцоў, магутнасць якіх неаднолькавая, выкарыстоўваецца чатырохправадная сістэма трохфазнага току, у якой наяўнасць нулявога проваду ўраўноўвае фазныя напружанні на ўсіх спажыўцах. Прыкладам сеткі з нераўнамернай нагрузкай фаз з'яўляецца асвятляльная сетка трохфазнага току, а таму для жыўлення лямп асвятлення і бытавых прыбораў выкарыстоўваюць чатырохправадную сістэму. Кожнага са спажыўцоў далучаюць да аднаго з лінейных правадоў і абавязкова да нулявога провада.



Рыс. 136. Тлумачэнне нераўнамернага размеркавання фазных напружанняў паміж спажыўцамі неаднолькавай магутнасці.



Рыс. 137. Злучэнне спажыўцоў трохвугольнікам.

Для жыўлення злучаных зоркай трохфазных рухавікоў і трансфарматараў, раўнамерна нагружаючых усе тры фазы сеткі, падводзяць толькі тры лінейныя правады.

Калі спажыўцы (праваднікі) трохфазнага току злучаны адзін з другім так, што канец першай фазы злучаецца з пачаткам другой, канец другой — з пачаткам трэцяй, а канец трэцяй — з пачаткам першай і да месц гэтых злучэнняў падведзены лінейныя правады сеткі, то такое злучэнне называецца злучэннем трохвугольнікам (рыс. 137).

Пры гэтым злучэнні кожная з трох фаз спажыўца далучана сваімі вываднымі правадамі да двух лінейных правадоў і сеткі, таму

на кожнай фазе спажыўца, злучанага трохвугольнікам, дзейнічае лінейнае напружанне:

$$U_{ф\Delta} = U_{л\Delta}.$$

Велічыні ўсіх трох лінейных напружанняў, якія дзейнічаюць у сетцы, амаль не змяняюцца, а таму пры злучэнні трохвугольнікам спажыўцы ва ўсіх трох фазах незалежна ад нагрузкі (аднолькавай або рознай) знаходзяцца пад аднолькавымі лінейнымі напружаннямі і працуюць на поўную магутнасць.

У гэтых адносінах злучэнне трохвугольнікам у некаторай меры падобна на паралельнае злучэнне спажыўцоў.

Пры злучэнні трохвугольнікам кожны лінейны провад падключан да дзвюх фаз спажыўца. Ток, які праходзіць па лінейнаму праваду, называюць лінейным токам $I_{л\Delta}$, а токі ў фазах спажыўца называюць фазнымі токамі $I_{ф\Delta}$.

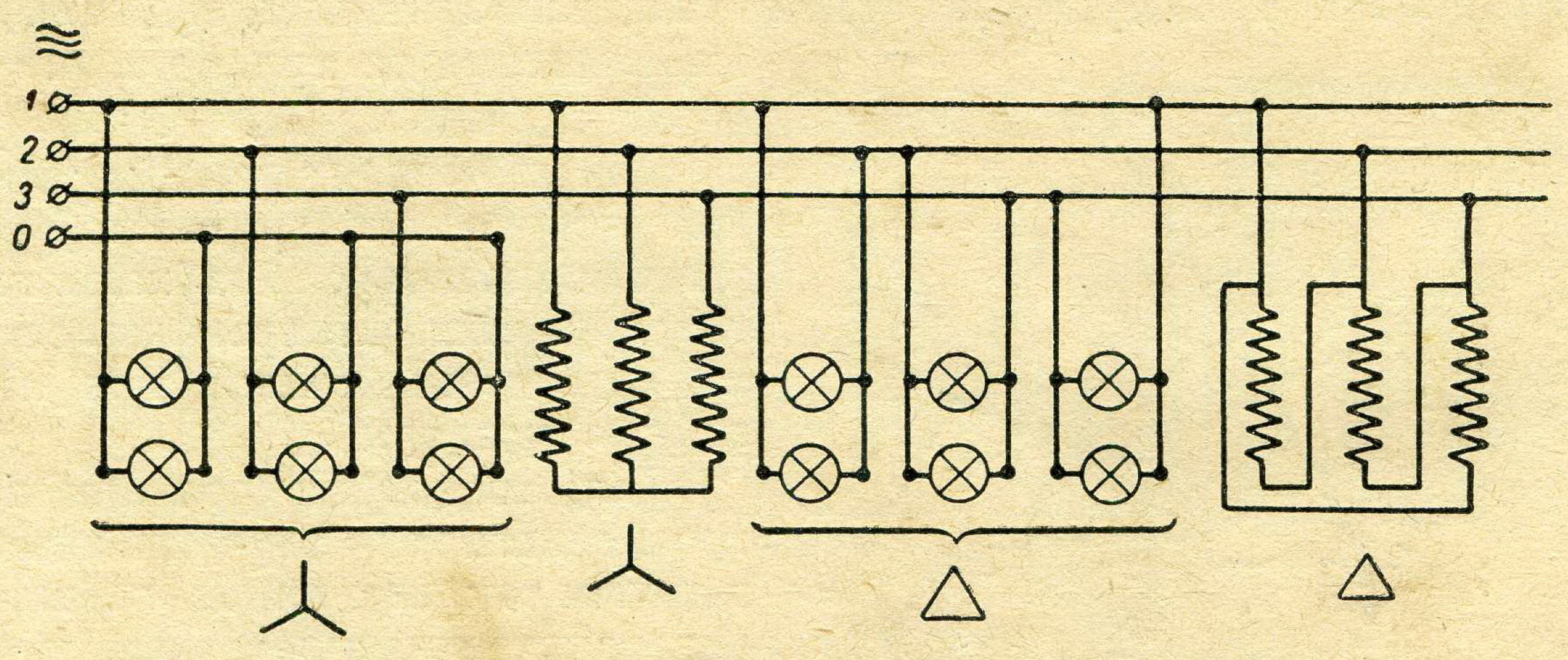
Пры раўнамернай нагрузцы ўсіх трох фаз трохвугольніка лінейныя токі ў 1,73 раза больш фазных токаў:

$$I_{л\Delta} = 1{,}73\ I_{ф\Delta},$$

тады як пры злучэнні зоркай, дзе да кожнага лінейнага праваду падключаецца провад толькі адной фазы спажыўца (а не дзвюх, як пры трохвугольніку), лінейныя токі роўны фазным:

$$I_{л\lambda} = I_{ф\lambda}.$$

На практыцы схемы злучэнняў спажыўцоў зоркай або трохвугольнікам збіраюць так, як паказана на рысунку 138.



Рыс. 138. Практычныя схемы злучэння спажыўцоў зоркай і трохвугольнікам.

Апісанне электрычных схем

Для выканання работы неабходна сабраць дзве схемы злучэння лямп — зоркай і трохвугольнікам.

Для схем можна выкарыстаць як тры асобныя лямпавыя рэастаты, так і адзін трохсекцыйны (рыс. 139). Рэастат трохсекцыйнай

канструкцыі больш выгадны тым, што займае на рабочым стале менш месца. Акрамя таго, лямпы пры ўказанай канструкцыі накіраваны ў бок і таму не асляпляюць вочы пры вымярэнні напружанняў і токаў.

Каб можна было вымераць ток у трох лінейных правадах і нулявым провадзе адным амперметрам, зручна карыстацца дошкай з чатырма пругкімі кантактамі (рыс. 140). У кожны з правадоў схемы амперметр уключаюць паслядоўна пры дапамозе пругкіх кантактаў і кантактавага нажа з двума праваднікамі (рыс. 141).

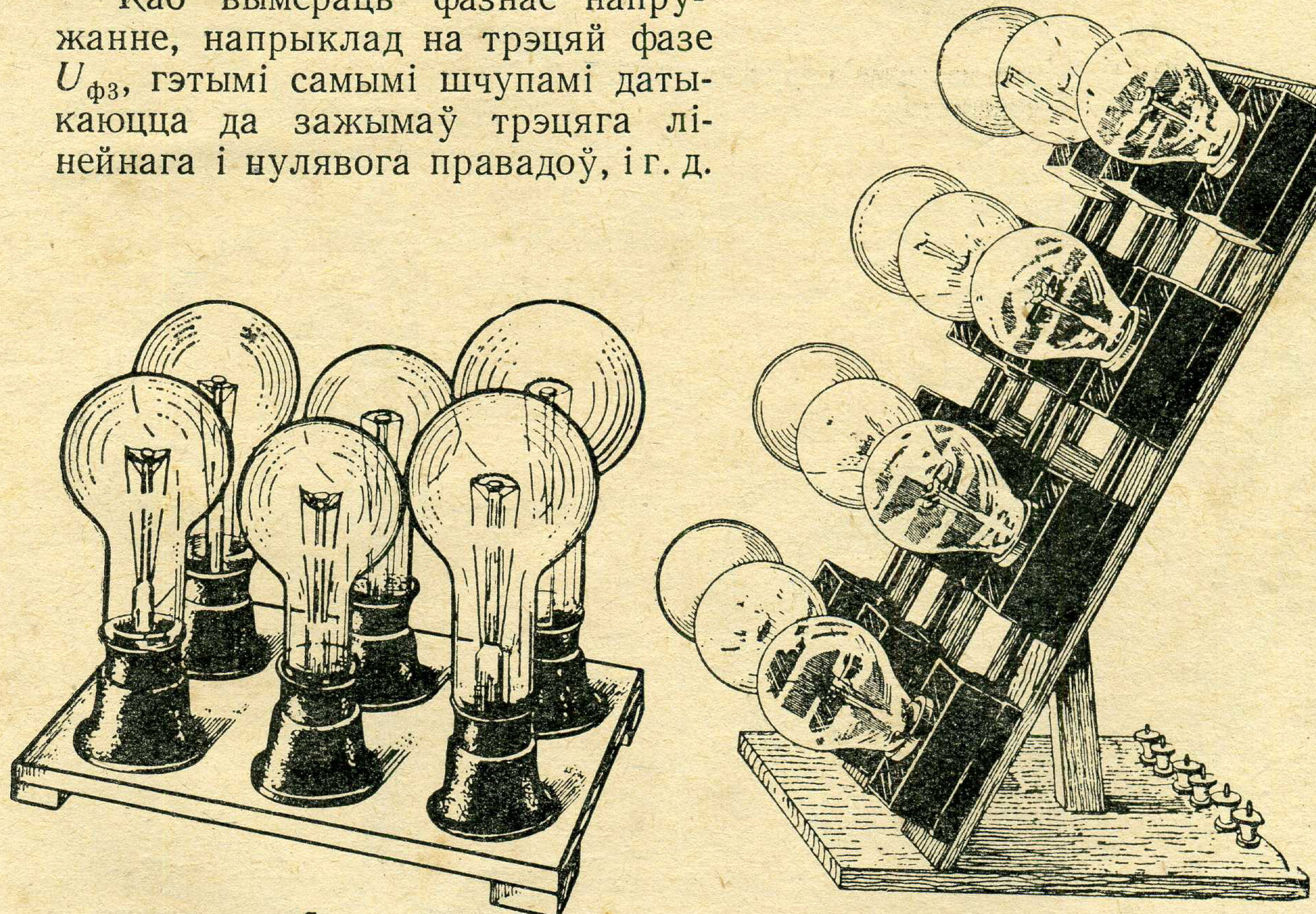
Схема злучэння лямп зоркай з выкарыстаннем гэтых прыстасаванняў дадзена на рысунку 142.

У нулявы провад уключаюць аднаполюсны рубільнік (на рыс. 142 не паказан). Гэта робяць для таго, каб мець магчымасць пры розных нагрузках назіраць, замыкаючы і размыкаючы рубільнік, работу схемы з нулявым провадам і без яго[1].

Лінейныя і фазныя напружанні вымяраюць кароткачасовым падключэннем вольтметра да адпаведных пругкіх кантактаў пры дапамозе двух праваднікоў са шчупамі на канцах.

Так, для вымярэння лінейнага напружання $U_{л1-2}$ гэтымі шчупамі асцярожна датыкаюцца да зажымаў, да якіх далучаны першы і другі лінейныя правады.

Каб вымераць фазнае напружанне, напрыклад на трэцяй фазе $U_{ф3}$, гэтымі самымі шчупамі датыкаюцца да зажымаў трэцяга лінейнага і нулявога правадоў, і г. д.



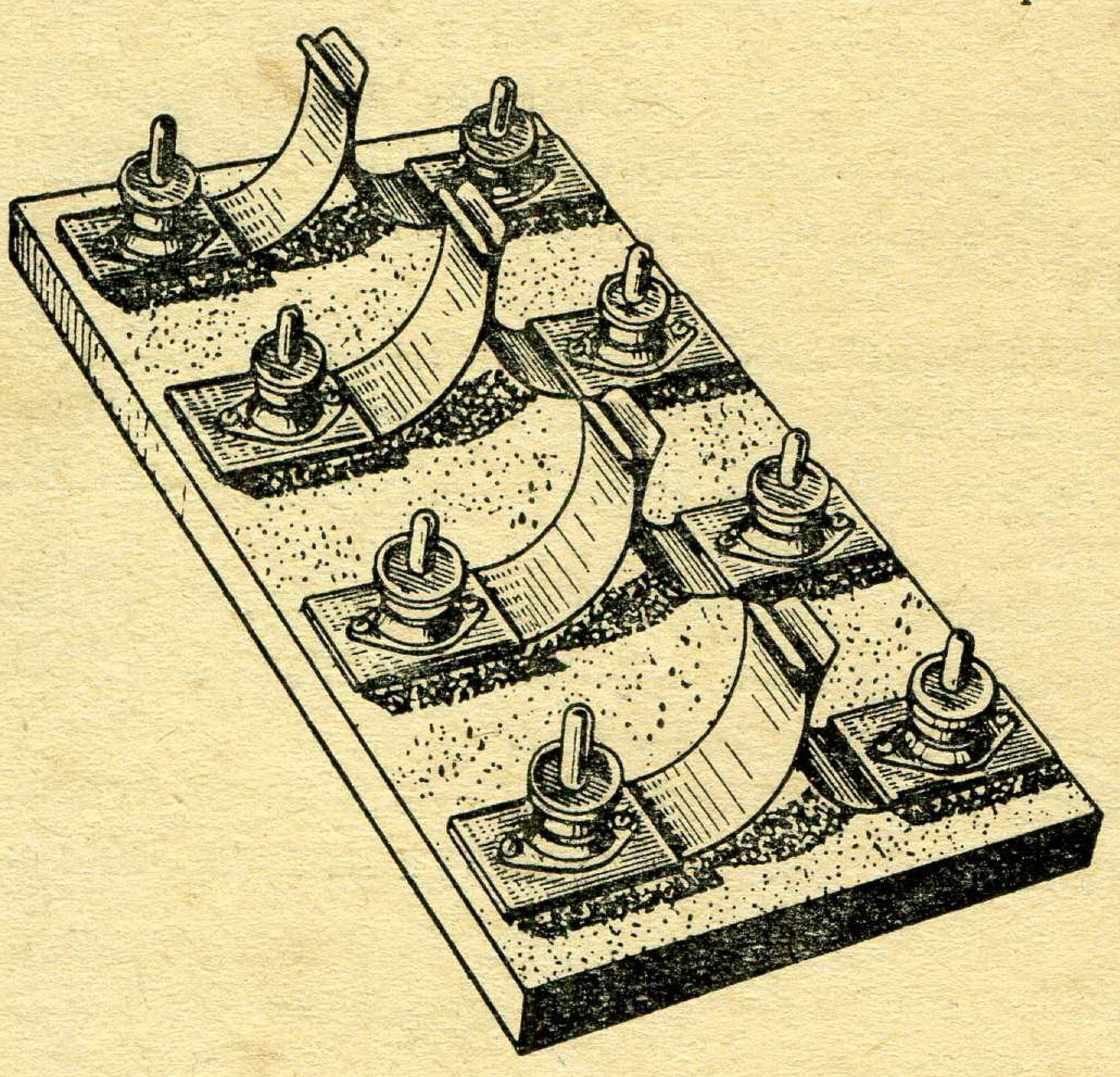
а б

Рыс. 139. Лямпавыя рэастаты: адзінарны і трохсекцыйны.

[1] Замест аднаполюснага рубільніка можна выкарыстаць пругкія кантакты, устаўляючы для размыкання ізаляцыйную пласцінку.

Збіраючы схему, асобую ўвагу ўдзяляюць правільнаму злучэнню канцавых зажымаў трох лямпавых рэастатаў для стварэння нулявога пункта. Адзін з гэтых зажымаў злучаюць з нулявым провадам, які падыходзіць да клемнай дошкі.

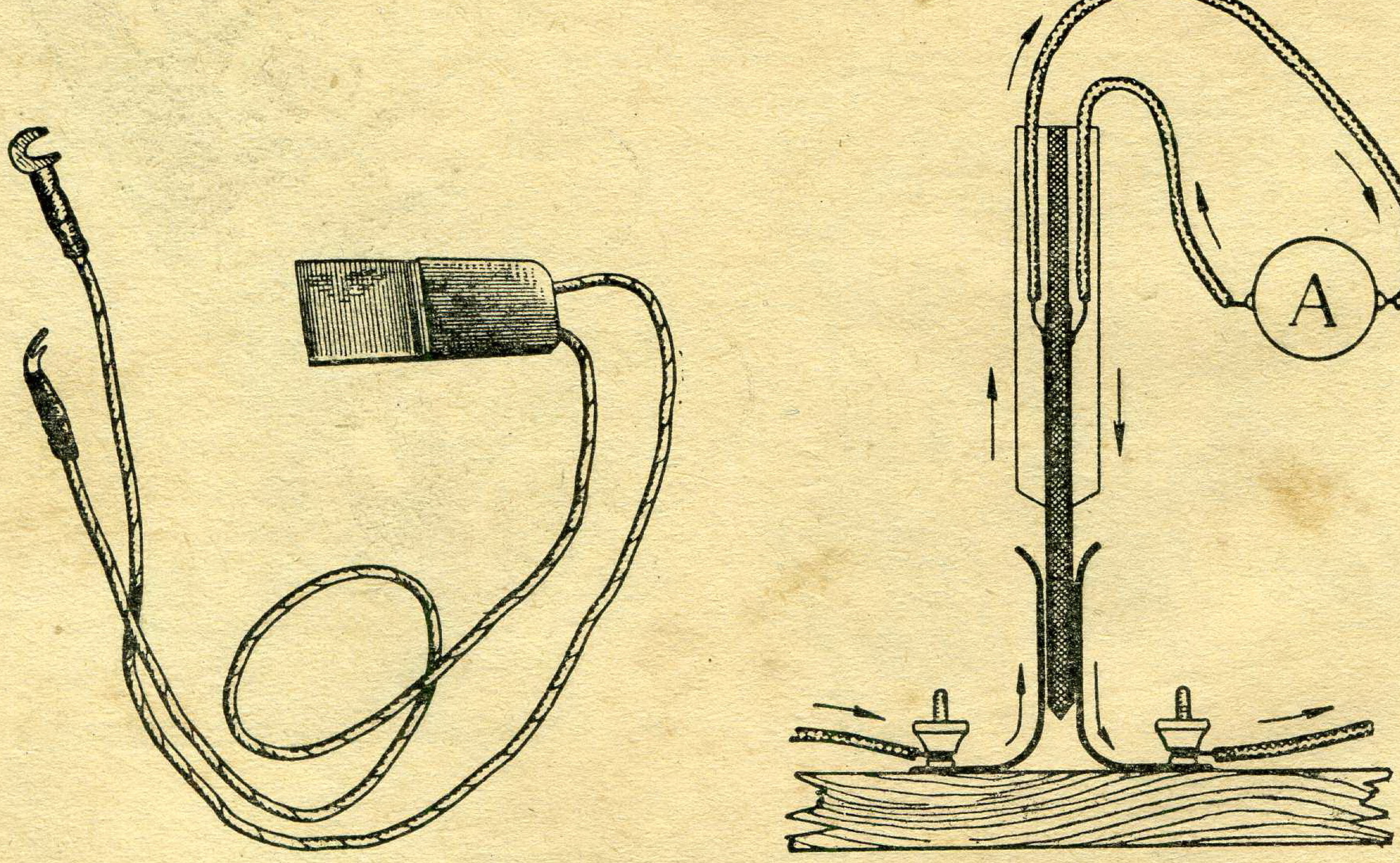
На рысунку 143 паказана схема злучэння лямп трохвугольнікам. У гэтай схеме таксама выкарыстоўваюць дошку з чатырма пругкімі кантактамі, каб можна было вымераць два лінейныя і два фазныя токі.



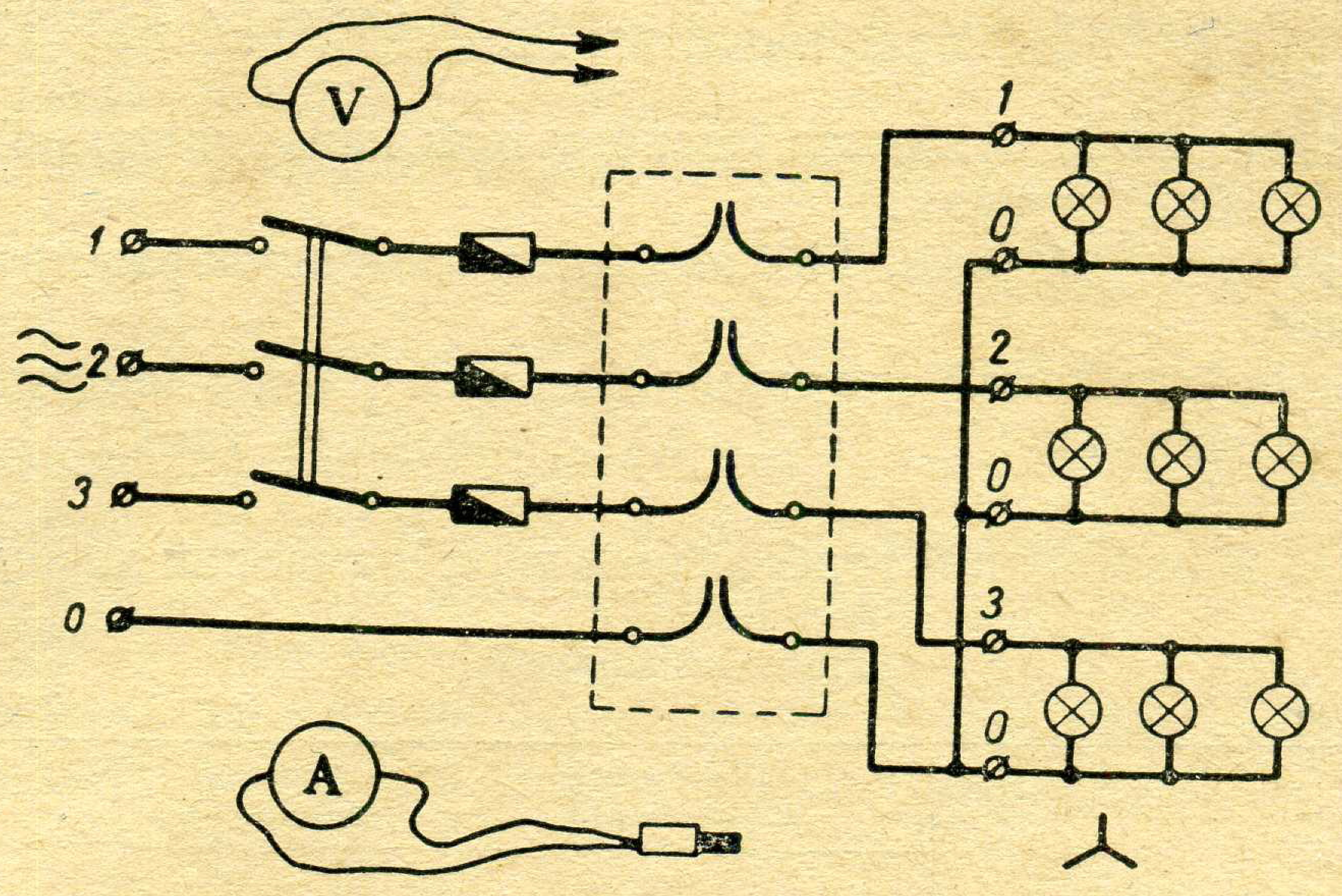
Рыс. 140. Дошка з чатырма спружынячымі кантактамі.

Найбольш складаным у дадзенай схеме з'яўляецца злучэнне клем кантактавай дошкі з трыма лямпавымі рэастатамі, уключанымі на трохвугольнік. Для праверкі правільнасці гэтай часткі схемы трэба прасачыць, каб вывады першага рэастата былі злучаны з лінейнымі правадамі *1* і *2*, другога рэастата — з правадамі *2* і *3*, трэцяга — з правадамі *3* і *1*.

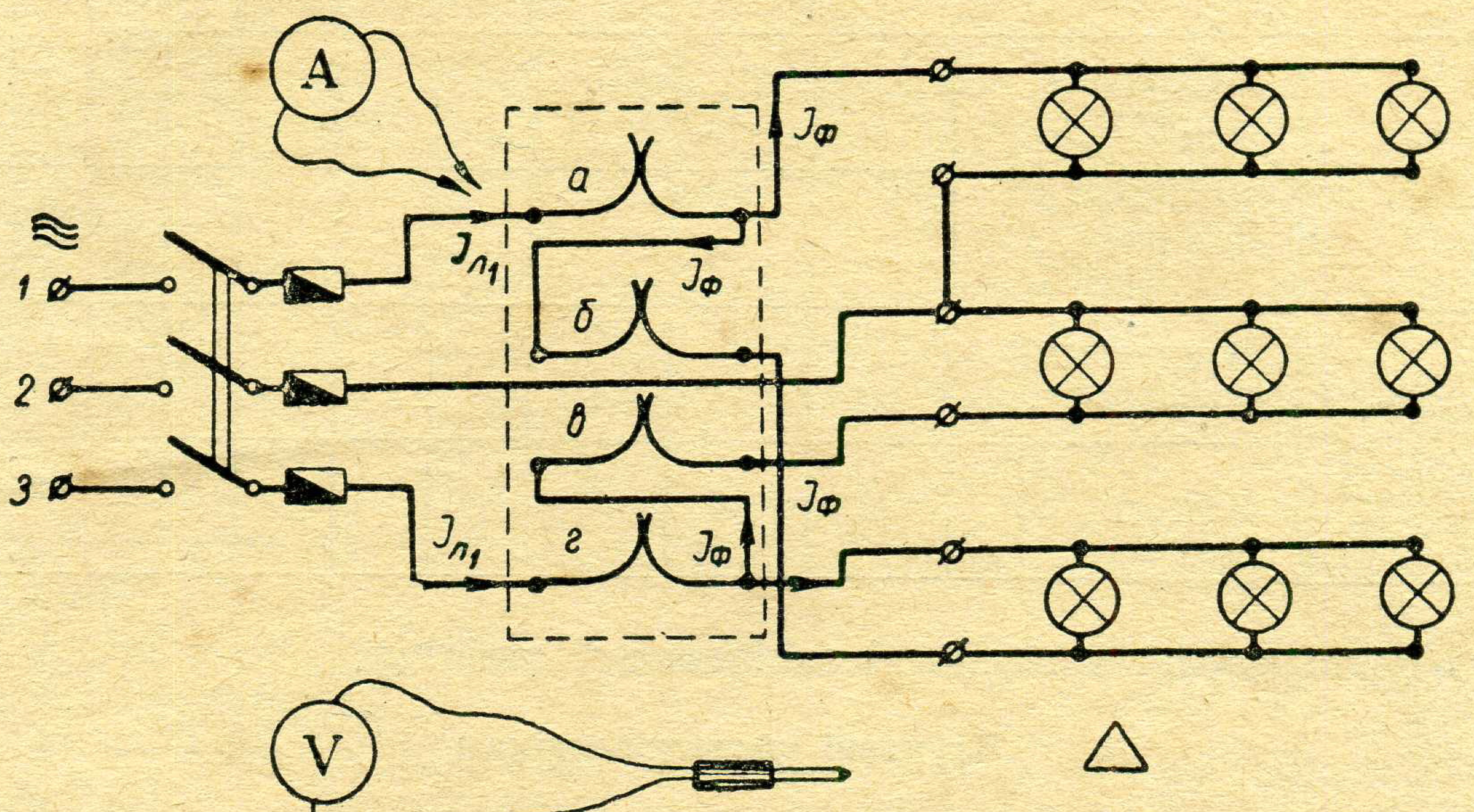
Нулявы провад у гэтай схеме не выкарыстоўваецца.



Рыс. 141. Кантактавы нож і карыстанне ім.



Рыс. 142. Схема злучэння лямпавых рэастатаў зоркай.



Рыс. 143. Схема злучэння лямпавых рэастатаў трохвугольнікам.

Выкананне работы

1. Азнаёмцеся з электрычнымі прыборамі і абсталяваннем, запішыце асноўныя тэхнічныя даныя вымяральных прыбораў і лямп.

2. Збярыце схему (рыс. 142) злучэння лямпавых рэастатаў зоркай.

3. Раўнамерна нагрузіце ўсе тры фазы, уключыўшы ў кожным рэастаце а д н о л ь к а в у ю колькасць лямп, і вымерайце: лінейныя напружанні U_{1-2}, U_{2-3}, U_{3-1}; фазныя напружанні U_1, U_2, U_3; токі ў трох лінейных і нулявых правадах I_1, I_2, I_3, I_0 пры ўключаным нулявым провадзе і без яго.

4. Нагрузіце фазы нераўнамерна, уключыўшы ў кожным рэастаце розную колькасць лямп, і зрабіце вымярэнні ўсіх указаных вышэй напружанняў і токаў пры наяўнасці нулявога проваду і

без яго. Вымераныя велічыні запішыце ў табліцу «Злучэнні зоркай» (гл. ніжэй).

Высветліце ролю нулявога праваду пры нераўнамернай нагрузцы фаз, злучаных зоркай.

5. Збярыце схему (рыс. 143) злучэння лямпавых рэастатаў трохвугольнікам.

6. Пры раўнамернай нагрузцы фаз вымерайце: напружанні на рэастатах (лінейныя) U_{1-2}, U_{2-3}, U_{3-1}, лінейныя токі I_1 і I_3, фазныя токі I_2 і I_3.

7. Такія ж вымярэнні зрабіце пры нераўнамернай нагрузцы фаз.

Злучэнні зоркай

Нагрузка фаз		Лінейныя напружанні			Фазныя напружанні			Токі			
		U_{1-2}	U_{2-3}	U_{3-1}	U_1	U_2	U_3	I_1	I_2	I_3	I_0
Раўнамерная	З нулявым провадам										
	Без яго										
Нераўнамерная	З нулявым провадам										
	Без яго										

Усе вымераныя велічыні запішыце ў табліцу.

Злучэнні трохвугольнікам

Нагрузка фаз	Лінейныя напружанні			Лінейныя токі		Фазныя токі	
	U_{1-2}	U_{2-3}	U_{3-1}	I_1	I_3	I_2	I_3
Раўнамерная							
Нераўнамерная							

8. Дадаткова можна даследаваць напружанні і токі ў правадах з лямпамі, злучанымі зоркай або трохвугольнікам, пры наяўнасці наступных з'яў:

а) абрыве аднаго лінейнага праваду;

б) поўнай разгрузцы адной фазы спажыўцоў (выкруціўшы ўсе лямпы гэтай фазы);

в) поўнай разгрузцы дзвюх фаз (выкруціўшы лямпы дзвюх фаз).

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Кароткі пералік асобных этапаў работы.
3. Схемы злучэння зоркай і трохвугольнікам.
4. Табліцы рэзультатаў вымярэнняў.
5. Вывады аб уплыве нераўнамернай нагрузкі і абрыву лінейнага проваду на рэжым лямп у розных выпадках.

Кантрольныя пытанні

1. Як злучаюць тры спажыўцы зоркай?
2. Як злучаюць тры спажыўцы трохвугольнікам?
3. Якая роля нулявога проваду пры нераўнамернай нагрузцы фаз?
4. Што выклікае нераўнамернасць нагрузкі фаз, злучаных зоркай, пры адсутнасці нулявога проваду?
5. Чаму ў практыцы нулявы провад заўсёды меншага сячэння, чым лінейныя?
6. Якая суадносіна паміж лінейнымі і фазнымі напружаннямі і токамі пры злучэнні трох спажыўцоў аднолькавай магутнасці зоркай?
7. Як змяняцца гэтыя суадносіны пры пераключэнні спажыўцоў на трохвугольнік?
8. Якія змяненні ў рабоце лямп выклікае абрыў аднаго лінейнага проваду пры злучэнні лямп зоркай і трохвугольнікам?

Работа 20. **Разборка, зборка і ўключэнне асінхроннага рухавіка трохфазнага току**

Мэта работы. Вывучыць будову асінхроннага каротказамкнутага рухавіка трохфазнага току; навучыцца разбіраць, збіраць яго і пускаць у ход.

Прыборы і абсталяванне: 1) асінхронны каротказамкнуты рухавік трохфазнага току на 220/380 *в* магутнасцю 0,3—0,5 *квт*, 2) амперметр пераменнага току на 20 *а*, 3) перакідны трохполюсны рубільнік, 4) кантрольная лямпа, 5) вольтметр пераменнага току на 250 *в*, 6) стальны шарык дыяметрам 6—8 *мм*, 7) адвёрткі (сярэдняя і вялікая), 8) невялікі развадны гаечны ключ, 9) малаток, 10) драўляныя пракладкі, 11) злучальныя правады.

Усе каротказамкнутыя асінхронныя рухавікі ў момант пуску кароткачасова спажываюць вельмі вялікі ток — у 5—6 разоў большы, чым іх намінальны рабочы ток, указаны на пашпарце рухавіка. Тлумачыцца гэта тым, што ў момант уключэння рубільніка, калі ротар рухавіка яшчэ нерухомы, яго каротказамкнутая абмотка шматразова перасякаецца верцячымся магнітным полем статара. У гэтай абмотцы ротара індукцыруецца вялікая э. р. с., якая і стварае ў каротказамкнутай абмотцы, што мае нязначнае супраціўленне, значны ток. Узнікшыя ў ротары токі будуць узаемадзейнічаць з верцячымся магнітным полем і выклічуць вярчэнне ротара, прычым ротар будзе імкнуцца дагнаць верцячаеся магнітнае поле. Дагон не можа быць выканан, таму што токі ротара пры дагоне памяншаюцца.

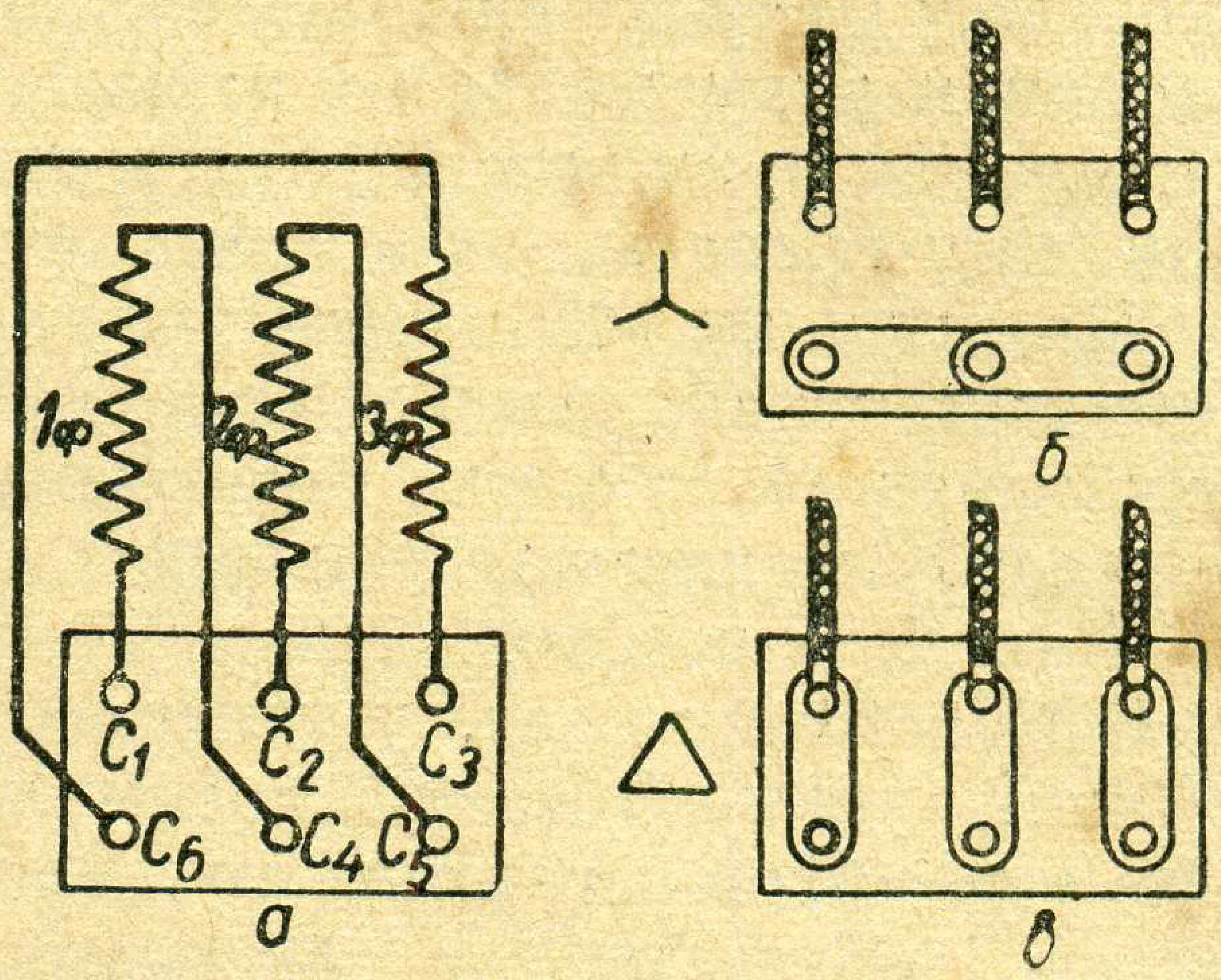
З некаторым набліжэннем работа асінхроннага рухавіка падобна да работы трансфарматара. Пярвічнай абмоткай тут з'яўляюцца абмоткі статара, а ўтарычнай — абмотка ротара. Прыпадабненне рухавіка трансфарматару дапамагае высветліць, чаму абмоткі статара рухавіка ў момант пуску спажываюць значна ўзрослую велічыню току. Як вядома з курса фізікі, пры павелічэнні току ва ўтарычнай абмотцы трансфарматара ўзрастае ток, які спажываецца яго пярвічнай абмоткай. Таму ў выніку значнага ўзрастання току ў ротары ў момант пуску рухавіка павялічваецца ток і ў абмотцы яго статара.

Вялікі пускавы ток непажаданы як для рухавіка, так і для сеткі, ад якой рухавік жывіцца. Ад празмерных токаў абмотка статара пераграваецца, што можа пашкодзіць яе ізаляцыю. У сетцы ж пры раптоўным павелічэнні току значна падае напружанне, што адмоўна адбіваецца на рабоце суседніх спажыўцоў: памяншаецца напал лямп і паніжаюцца абароты рухавікоў. Каб пазбегнуць гэтага, на сучасных прадпрыемствах для жыўлення асвятляльных лямп пракладваюць асобную сетку, прымаюць спецыяльныя меры для памяншэння пускавых токаў рухавікоў або павышаюць магутнасць падводзячай сеткі і трансфарматараў падстанцыі.

На шчытку трохфазнага рухавіка ёсць шэсць зажымаў. Да іх далучаюць тры пачатковыя і тры канцавыя правады ад трох фаз абмотак статара так, каб зажымы канцоў кожнай фазы знаходзіліся не супраць зажымаў пачатку, а былі змешчаны ў бок на адзін зажым (рыс. 144, *а*). Гэта робяць для зручнасці пераключэння рухавіка з зоркі на трохвугольнік, якое ажыццяўляюць простым пераводам трох металічных планак-перамычак з гарызантальнага становішча (рыс. 114, *б*) у вертыкальнае (рыс. 144, *в*). Такое пераключэнне неабходна, напрыклад, для далучэння таго ж самага рухавіка як да трохфазнай сеткі з напружаннем 380/220 *в*, так і да сеткі з напружаннем 220/127 *в*.

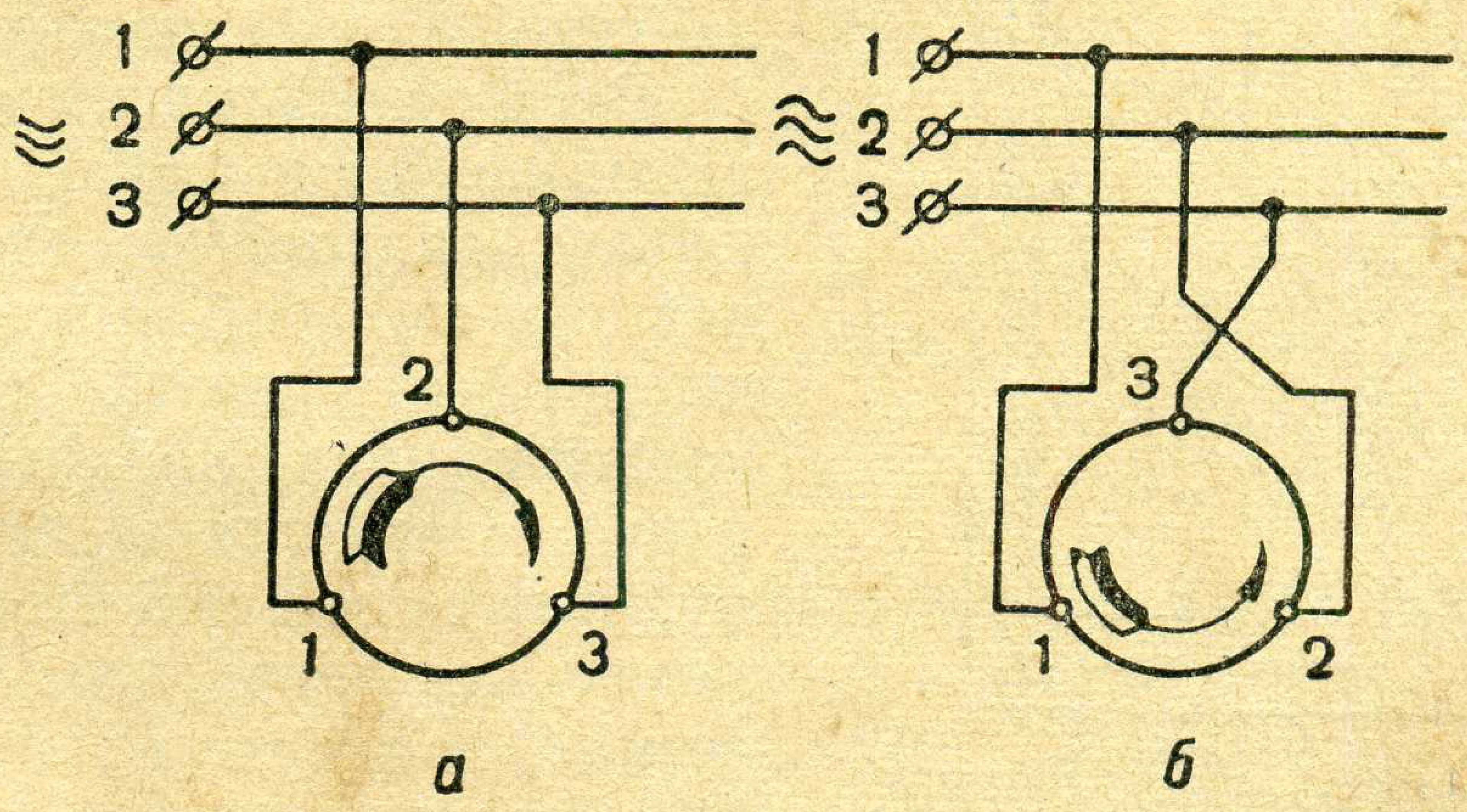
Для гэтага кожную фазу абмоткі статара рухавіка разлічваюць часцей за ўсё на рабочае напружанне 220 *в*, агульнае для абедзвюх

сетак. Пры жыўленні рухавіка ад сеткі 380/220 *в* абмоткі рухавіка злучаюць зоркай. Тады да кожнай з абмотак будзе падведзена фазнае напружанне гэтай сеткі, а іменна — 220 *в*. Наадварот, да сеткі з напружаннем 220/127 *в* рухавік пераздучаюць на трохвугольнік. Тады кожная яго абмотка будзе ўключана паміж двума лінейнымі правадамі сеткі і атрымае ўжо лінейнае напружанне, якое ў гэтай сетцы роўна тым жа 220 *в*.



Рыс. 144. Далучэнне абмотак статара трохфазнага рухавіка да зажымаў вывадного шчытка: $C_1O_2C_3$ — пачатковыя вывады фазных абмотак, $C_4C_5C_6$ — канцавыя вывады, *а* — схема падключэння абмотак да шчытка, *б* — злучэнне абмотак зоркай, *в* — злучэнне абмотак трохвугольнікам.

Для памяншэння току ў момант пуску рухавіка можна панізіць напружанне, якое падаецца да абмотак яго статара. Для гэтага на час пуску рухавіка ўказаныя абмоткі злучаюць зоркай (г. зн. на фазнае напружанне), а пасля таго як ротар пачне вярцецца, пераключаюць абмоткі на трохвугольнік — пад павялічанае ў 1,73 раза лінейнае напружанне. Хуткае пераключэнне абмотак ажыццяўляюць перакідным рубільнікам або спецыяльным барабанным пераключальнікам. Ясна, што такі спосаб палягчэн-



Рыс. 145. Змяненне напрамку вярчэння асінхроннага рухавіка

ня пуску можна ўжываць толькі для тых рухавікоў, абмоткі якіх пры нармальнай рабоце злучаны трохвугольнікам.

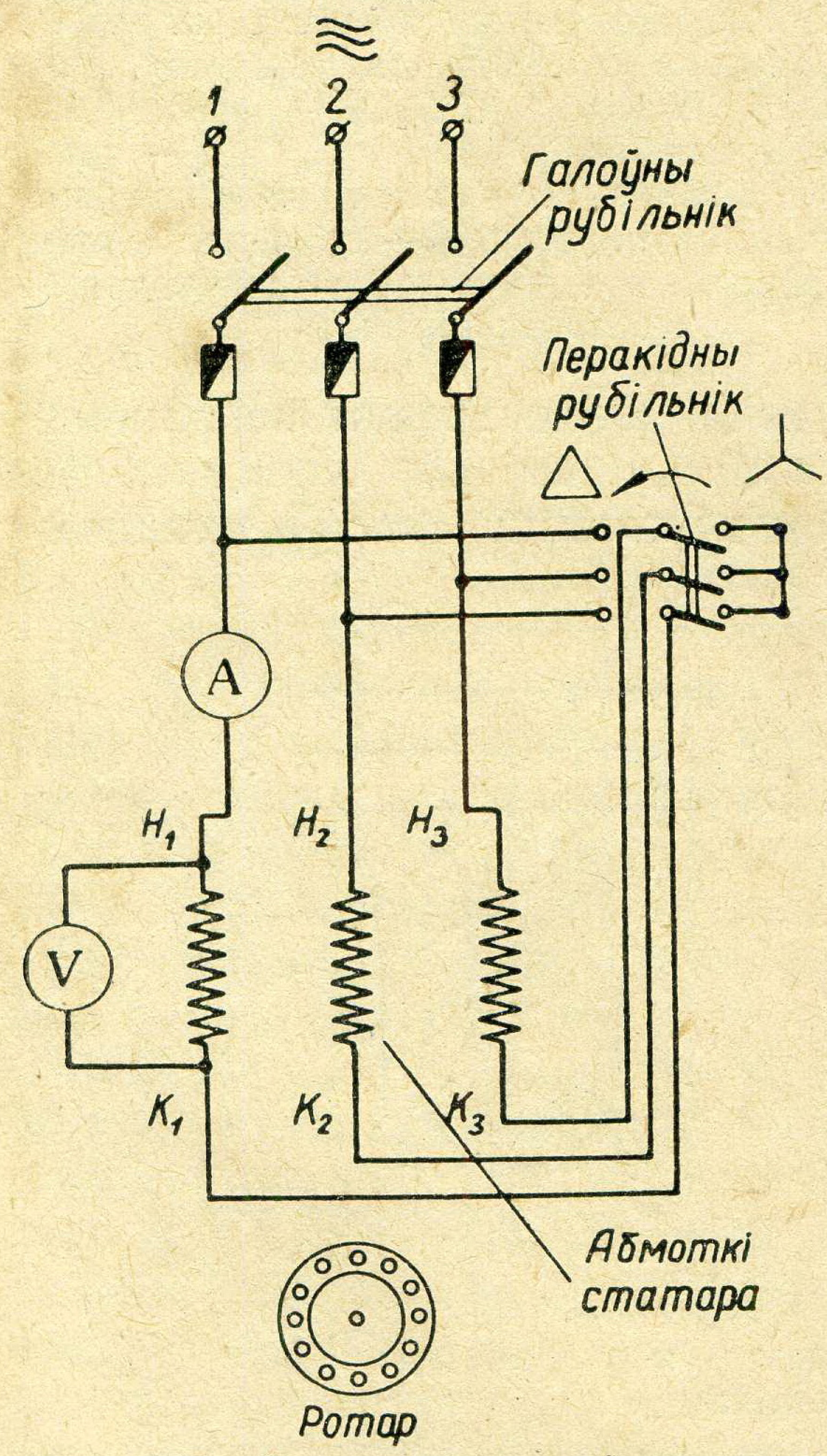
Адначасова трэба адзначыць, што асінхронныя рухавікі невялікіх магутнасцей (да 3—6 *квт*), у якіх пускавы ток параўнальна

невялікі, уключаюцца ў сетку непасрэдна — без усякіх дапаможных прыстасаванняў[1].

Напрамак вярчэння ротара асінхроннага рухавіка залежыць ад напрамку руху верцячагася магнітнага поля статара. Каб змяніць напрамак руху гэтага магнітнага поля (з прычыны чаго зменіцца і напрамак руху ротара), трэба памяняць месцамі два якія-небудзь лінейныя правады, якія падыходзяць да абмоткі статара рухавіка.

На рысунку 145 схематычна паказан спосаб змянення напрамку вярчэння трохфазнага асінхроннага рухавіка. Адваротны ход (рэверсіраванне) рухавіка дасягаецца перастаноўкай двух лінейных правадоў на клемнай дошчачцы рухавіка.

Калі ёсць неабходнасць у частых змяненнях напрамку вярчэння рухавіка (напрыклад, у такарных станках пры наразанні разьбы і інш.), устанаўліваюць спецыяльны барабанны пераключальнік або рэверсіўны магнітны пускальнік з трыма кнопкамі: «Уперад», «Стоп» і «Назад».



Рыс. 146. Схема пуску асінхроннага рухавіка пераключэннем яго абмотак з зоркі на трохвугольнік.

У пачатку работы даследуемы рухавік разбіраюць і збіраюць. Парадак разборкі і зборкі гэтага рухавіка такі ж, як і аднафазнага.

Разабраўшы рухавік, можна праверыць наяўнасць у яго статары верцячагася магнітнага поля. Для гэтага ў сярэдзіну статара змяшчаюць невялікі металічны шарык, а абмоткі статара злучаюць паміж сабой зоркай і далучаюць да сеткі трохфазнага току.

Верцячаеся магнітнае поле, узнікаючае пры гэтым, намагнічвае шарык, падхоплівае яго і пачынае вярцець за сабой. Часам для большага эфекту шарык трэба крыху падштурхнуць, каб ён пачаў вярцецца. Праводзячы гэтую праверку, нельга на доўгі час пакідаць абмотку статара падключанай да сеткі. З-за адсутнасці ротара ў сардэчніку статара не ўзнікае процідзеючае магнітнае поле, ток у абмотцы статара перавышае дапушчальную велічыню і абмотка хутка пераграваецца.

[1] Цяпер уключаюць без дапаможных прыстасаванняў каротказамкнутыя рухавікі магутнасцю да 100 *квт*.

Апісанне электрычнай схемы

Для падключэння асінхроннага рухавіка трохфазнага току да сеткі збіраюць электрычную схему яго пуску пераключэннем абмоткі статара з зоркі на трохвугольнік (рыс. 146).

Для вымярэння току, спажываемага гэтым рухавіком, у адзін з лінейных правадоў схемы ўключаюць амперметр.

У момант пуску перакідны рубільнік пераводзяць ў правае становішча (гл. рыс. 146). Правыя губкі яго, злучаныя паміж сабой, ствараюць нулявы пункт і абмотка статара ў выніку гэтага злучаецца зоркай.

Левае становішча кантактавых нажоў перакіднога рубільніка адпавядае злучэнню абмотак на трохвугольнік.

Выкананне работы

1. Вымерайце і запішыце лінейнае і фазнае напружанні сеткі.
2. Азнаёмцеся з пашпартам рухавіка, устанавіце яго рабочае напружанне і схему злучэння пры жыўленні ад трохфазнай сеткі школьнай лабараторыі, а таксама намінальны (рабочы) ток і лік абаротаў.
3. Разбярыце рухавік, зняўшы яго бакавыя накрыўкі лёгкімі ўдарамі малатка па вобадзе накрыўкі праз драўляную пракладку. Удары наносяць, абходзячы накрыўку па акружнасці.
4. Дэталёва пазнаёмцеся з будовай усіх частак рухавіка, устанавіце прызначэнне кожнай з іх і пры дапамозе шарыка праверце наяўнасць верцячагася магнітнага поля ў статары.
5. Уважліва збярыце рухавік і праверце правільнасць яго зборкі (ротар павінен свабодна вярцецца ад рукі).
6. Збярыце схему пуску рухавіка пераключэннем яго з зоркі на трохвугольнік (рыс. 146).
7. Пусціце рухавік у ход, злучыўшы яго абмоткі трохвугольнікам. Вызначце па найбольшаму адхіленню стрэлкі амперметра пускавы ток $I_{пуск.\Delta}$ і напружанне $U_{ф\Delta}$ на адной з фаз абмотак статара.
8. Пусціце рухавік у ход, злучыўшы яго абмоткі зоркай. Устанавіце велічыню пускавога току $I_{пуск.\lambda}$ і напружання $U_{ф\lambda}$ у гэтым выпадку. Вымераныя велічыні запішыце ў табліцу.

Табліца назіранняў за работай рухавіка

Рабочая схема злучэння абмотак рухавіка	Даныя назіранняў			Рэзультаты вылічэнняў	
	намінальны ток $I_{нам.}$ *а* (па пашпарту)	пускавы ток $I_{пуск.}$ *а* (па амперметру)	фазнае напружанне $U_{сярэд.}$ *в*	адносіна токаў $\frac{I_{пуск.}}{I_{нам.}}$	адносіна напружанняў $\frac{U_{ф\Delta}}{U_{ф\lambda}}$
λ					
Δ					

9. Некалькі разоў пусціце рухавік у ход, пераключаючы яго абмоткі з зоркі на трохвугольнік.

10. Змяніце напрамак вярчэння ротара рухавіка на процілеглы.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Пералік усіх надпісаў, якія ёсць на пашпарце рухавіка, і тлумачэнне іх значэнняў.
3. Кароткі пералік этапаў работы.
4. Табліца з рэзультатамі вымярэнняў і вылічэнняў.
5 Схемы злучэння абмотак статара рухавіка зоркай і трохвугольнікам і схема пуску рухавіка пераключэннем яго абмотак з зоркі на трохвугольнік.

Кантрольныя пытанні

1. Растлумачце прынцып дзеяння асінхроннага рухавіка трохфазнага току.
2. Якім спосабам зроблен каротказамкнуты ротар рухавіка, які выкарыстоўваўся ў дадзенай рабоце?
3. Чаму ў момант пуску асінхронны каротказамкнуты рухавік спажывае ток, які значна перавышае велічыню яго намінальнага току?
4. Як змяніць напрамак вярчэння трохфазнага асінхроннага рухавіка?
5. Калі рухавікі трохфазнага току пры падключэнні да сеткі злучаюць зоркай і калі — трохвугольнікам?
6. У якім парадку размешчаны на шчытку рухавіка вывадныя канцы абмотак статара?
7. Для чаго ў час пуску некаторых асінхронных рухавікоў іх абмоткі злучаюць спачатку зоркай, а потым трохвугольнікам?
8. Чаму шарык у сярэдзіне статара рухавіка, падключанага да сеткі, пачынае вярцецца?

Работа 21. **Вызначэнне магутнасці і к. к. дз. асінхроннага рухавіка трохфазнага току**

Мэта работы. Вывучыць работу асінхроннага кароткаэамкнутага рухавіка пры змяненнях нагрузкі; навучыцца ўключаць яго ў сетку, кіраваць работай і вызначаць механічную магутнасць, каэфіцыент карыснага дзеяння і cos φ.

Прыборы і абсталяванне: 1) асінхронны кароткаэамкнуты рухавік трохфазнага току на 220 *в* магутнасцю 0,5—0,8 *квт*, 2) ватметр пераменнага току на 750 *вт*, 3) амперметр пераменнага току на 3 *а*, 4) вольтметр пераменнага току на 250 *в*, 5) секундамер і лічыльнік абаротаў або тахометр, 6) дынамометр школьны на 5 *кГ*, 7) гіры на 1 *кГ* —5—6 шт., 8) стужкавы тормаз для нагрузкі рухавіка, 9) злучальныя правады.

Лік абаротаў n_2 ротара асінхроннага рухавіка ў мінуту крыху менш ліку абаротаў n_1 верцячагася магнітнага поля статара. Гэтае адставанне ротара (па ліку абаротаў) характарызуюць велічынёй $S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$, якая называецца слізганнем рухавіка.

Скорасць вярчэння поля статара не можа быць любой. Яна залежыць ад частаты прамысловага пераменнага току (у СССР, як вядома, яна складае 50 перыядаў у секунду) і ад ліку полюсаў верцячагася магнітнага поля, якое ствараецца абмоткай статара; пры гэтым лік полюсаў поля можа быць толькі парным (2, 4, 6 і г. д.).

У сувязі з гэтымі абмежаваннямі практычна немагчыма зрабіць асінхронныя рухавікі з любой скорасцю вярчэння. Існуюць рухавікі толькі з пэўным лікам абаротаў у мінуту, а іменна:

Лік абаротаў магнітнага поля статара (у мінуту)	n_1	3000	1500	1000	750	600	і г. д.
Лік абаротаў ротара ў мінуту (прыкладны)	n_2	2850	1440	960	720	580	і г. д.

Змяненне ліку абаротаў можа рабіцца скачкамі пры змяненні ліку полюсаў (пераключэннем абмотак статара).

Калі, напрыклад, на пашпарце асінхроннага рухавіка ўказана, што ён робіць 960 аб/мін, значыць магнітнае поле статара верціцца са скорасцю 1 000 аб/мін.

Пры рабоце трохфазнага асінхроннага рухавіка траціцца энергія: на перамагнічванне яго сардэчнікаў і ўзнікаючыя ў іх віхравыя токі (страты ў сталі), на награванне абмотак рухавіка праходзячым токам (страты ў медзі) і на трэнне. Электрычная энергія, затрачваемая на ўсе гэтыя віды страт, пераўтвараецца ў цяпло, якое рассейваецца ў акружаючую прастору.

Пры павелічэнні нагрузкі рухавіка ў яго абмоткі павінна паступаць большая колькасць электрычнай энергіі. Разгледзім гэтае пытанне на прыкладзе.

Асінхронны рухавік верціць шпіндэль такарнага станка, разец якога знімае стружку з апрацоўваемай дэталі. Калі лік абаротаў ротара рухавіка не мяняецца, то гэта значыць, што верцячы момант рухавіка ўраўнаважвае момант супраціўлення такарнага станка. Разцу прышлося знімаць больш тоўстую стружку, пры гэтым момант супраціўлення з боку станка павялічыўся. Рухавік, які мае папярэдні момант вярчэння, некалькі памяншае свае абароты. Ротар рухавіка, замаруджваючы сваё вярчэнне, будзе часцей перасякацца верцячымся магнітным полем статара. У абмотцы ротара пачне індукціравацца вялікі ток. Рухавік пры павялічаным току ротара, які ўзаемадзейнічае з полем статара, створыць павялічаны момант вярчэння рухавіка і будзе дасягнута раўнавага з узросшым

момантам супраціўлення з боку станка. Павелічэнне току ў ротары пры росце нагрузкі на рухавік прывядзе да адпаведнага ўзрастання току ў статары, а значыць, і электрычная энергія, спажываемая абмоткамі статара рухавіка, павялічыцца. Пры памяншэнні нагрузкі і зніжэнні ліку абаротаў ротара адбудуцца адваротныя працэсы.

У сувязі са змяненнем ліку абаротаў рухавіка, якое адбываецца ў выніку змянення механічнай нагрузкі, адпаведна мяняецца і электрычная энергія, спажываемая рухавіком.

Кожнай нагрузцы рухавіка адпавядае пэўны лік абаротаў яго ротара n_2, або, інакш кажучы, з павелічэннем нагрузкі павялічваецца слізганне рухавіка S, і наадварот. Пры вялікай перагрузцы ў рухавіку павелічэнне S і моцнае зніжэнне абаротаў n_2 выклічуць вельмі вялікі ток, але пры магнітным насычэнні гэта не дасць узмацнення магнітнага поля статара і рухавік спыніцца. Калі яго хутка не выключыць, то абмоткі статара згараць.

К. к. дз. рухавіка вызначаецца па формуле

$$\eta = \frac{P_2}{P_1},$$

дзе P_2 — механічная карысная магутнасць, P_1 — спажываемая электрычная магутнасць.

Пры розных нагрузках к. к. дз. рухавіка мае неаднолькавую велічыню.

У дадзенай практычнай рабоце робіцца даследаванне змяненняў: к. к. дз. η; ліку абаротаў ротара n_2; верцячага моманту $M_{\text{верц.}}$; асінхроннага рухавіка пры змяненнях механічнай нагрузкі (магутнасці P_2).

Адначасова пры выкананні работы вылічваецца велічыня каэфіцыента магутнасці ($\cos\varphi$) рухавіка пры розных нагрузках і вызначаецца нагрузка, пры якой $\cos\varphi$ рухавіка максімальны. Для вылічэння $\cos\varphi$ выкарыстоўваюць формулу магутнасці трохфазнага асінхроннага рухавіка:

$$P_1 = 3U_\text{ф} I_\text{ф} \cos\varphi,$$

адкуль

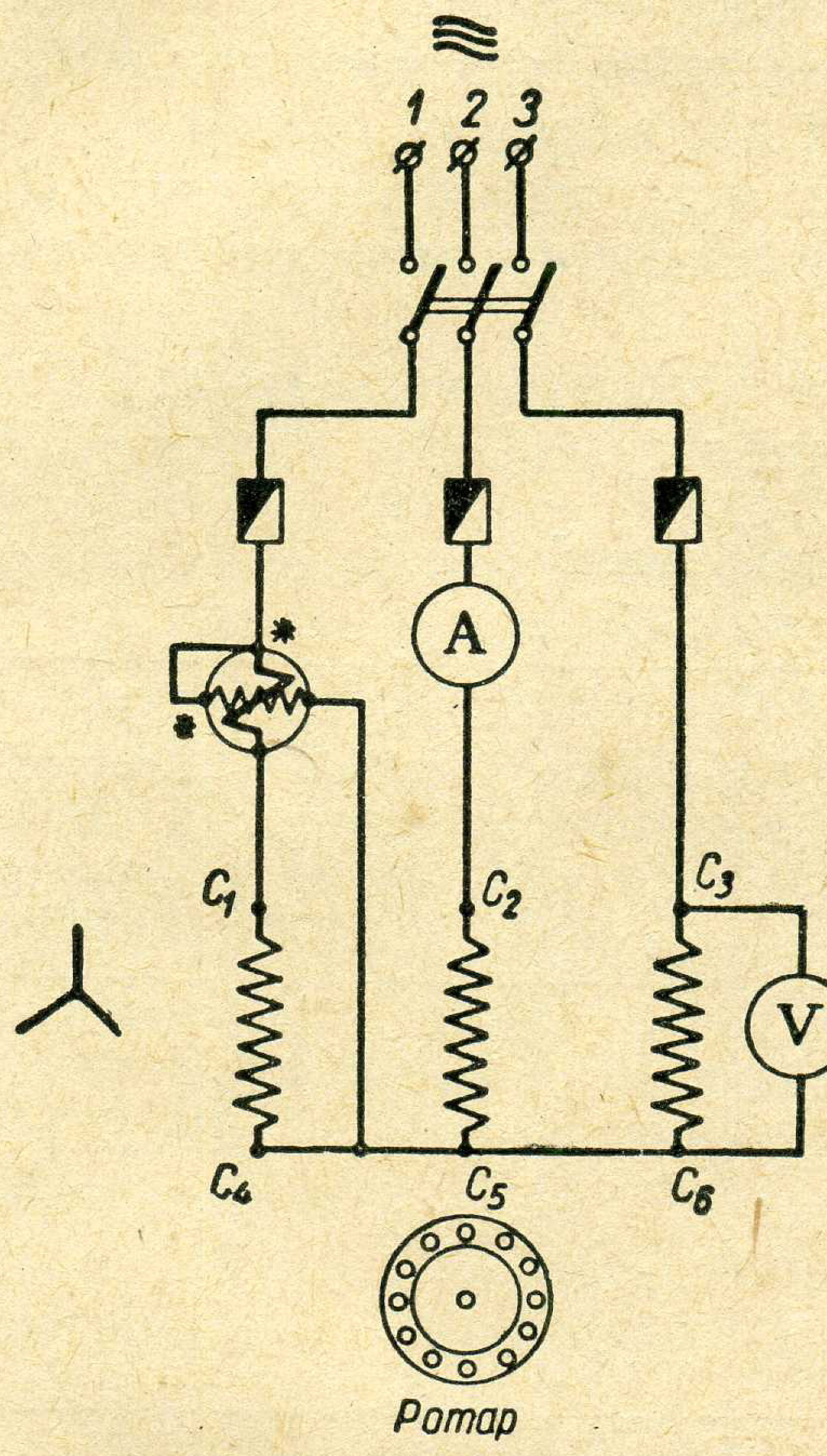
$$\cos\varphi = \frac{P_1}{3U_\text{ф} I_\text{ф}}$$

Велічыню механічнай магутнасці рухавіка P_2 вызначаюць пры дапамозе стужкавага тормаза, дынамометра і тахометра такім жа чынам, як і пры выкананні папярэдніх работ.

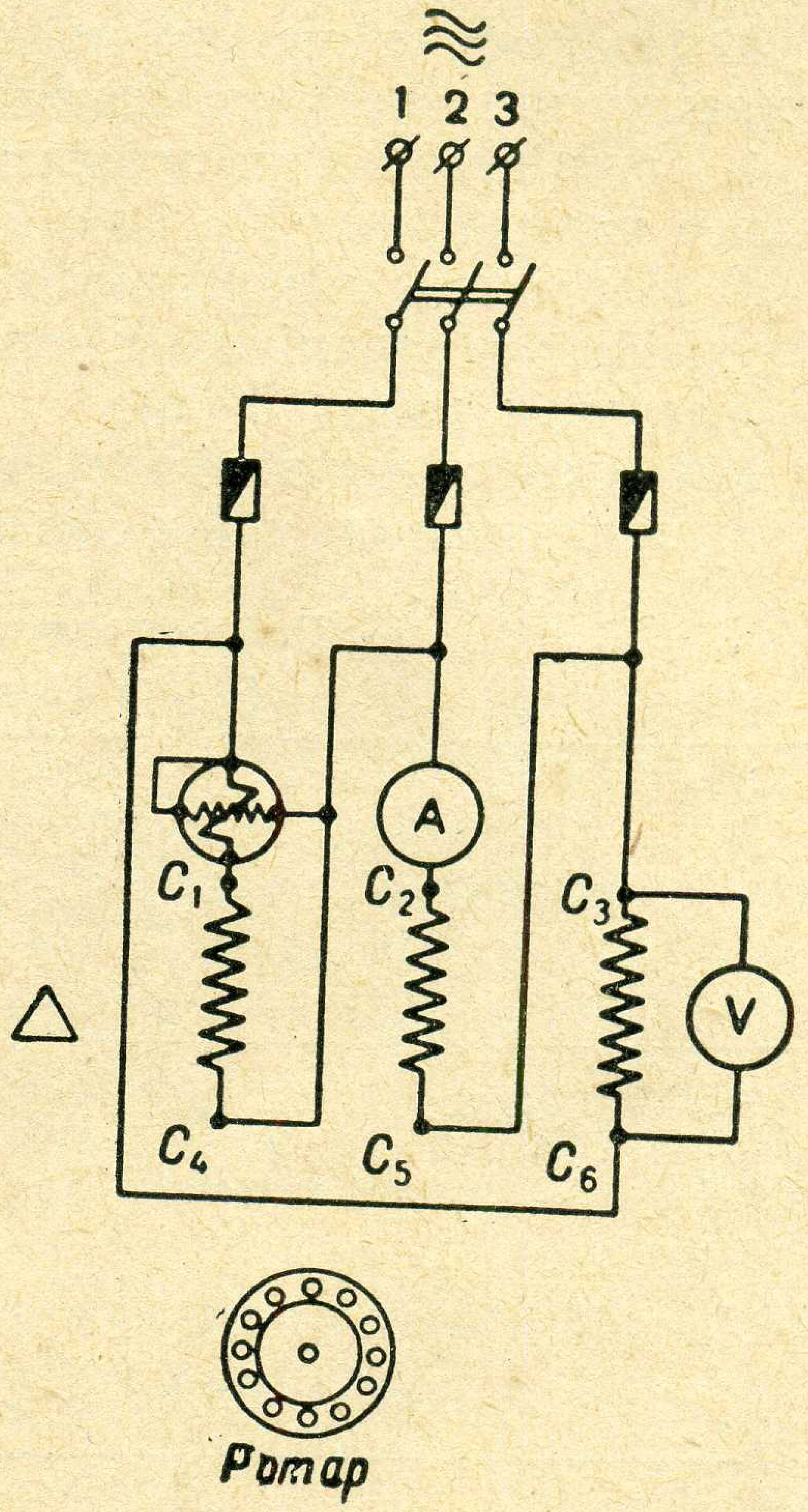
Для вымярэння электрычнай магутнасці трохфазнага рухавіка P_1 карыстаюцца адным ватметрам, пры дапамозе якога вымяраюць магутнасць адной фазы. Улічваючы, што ўсе тры фазныя абмоткі статара рухавіка аднолькавыя і спажываюць роўныя магутнасці, можна лёгка вылічыць агульную магутнасць рухавіка P, патроіўшы вымераную ватметрам магутнасць адной фазы.

Апісанне электрычнай схемы

Перад зборкай схемы неабходна рашыць, як будуць злучацца абмоткі статара рухавіка — зоркай або трохвугольнікам, — зыходзячы з рабочага напружання рухавіка і напружання сеткі. Так, напрыклад, калі ў школе напружанне трохфазнай сеткі 220/127 *в*, а рабочае напружанне рухавіка 220 *в*, то яго абмоткі патрэбна злучыць трохвугольнікам. Можа, аднак, здарыцца, што невялікі дыяметр шківа і малая шырыня рэменя не дадуць магчымасці дас-



Рыс. 147. Схема падключэння да сеткі трохфазнага рухавіка, злучанага зоркай.



Рыс. 148. Схема падключэння да сеткі трохфазнага рухавіка, злучанага трохвугольнікам.

таткова нагрузіць рухавік. У гэтым выпадку абмоткі рухавіка трэба пераключыць на зорку. Магутнасць яго паменшыцца ў тры разы і тады можна будзе ажыццявіць нагрузку рухавіка.

На рысунку 147 дадзена схема жыўлення трохфазнага рухавіка, абмоткі якога злучаны зоркай, а на рысунку 148 — схема жыўлення трохфазнага рухавіка, злучанага трохвугольнікам. У абодвух выпадках ватметр уключан так, каб па яго паслядоўнай абмотцы праходзіў ток адной фазы рухавіка, а да канцоў паралельнай абмоткі было падведзена напружанне, якое дзейнічае на гэтай фазе. Пры такім уключэнні ватметр будзе вымяраць магутнасць толькі

адной фазы рухавіка $P_ф$. Для вылічэння $\cos\varphi$ рухавіка ў схему ўключаюць яшчэ амперметр і вольтметр для вымярэння фазнага току і фазнага напружання.

Выкананне работы

1. Азнаёмцеся з пашпартам рухавіка, вымерайце лінейнае напружанне сеткі.
2. Збярыце электрычную схему жыўлення рухавіка, звяртаючы асобую ўвагу на правільнасць ўключэння ватметра.
3. Правядзіце пробны пуск рухавіка і праверце адпаведнасць напрамку яго вярчэння становішчу стужкі тормаза.
4. Пусціце рухавік ухаластую і вымерайце яго магутнасць $P_ф$, фазнае напружанне $U_ф$, фазны ток $I_ф$ і лік абаротаў ротара n_2.
5. Паступова нагружаючы рухавік пры дапамозе грузаў Q, вымерайце ўсе пералічаныя велічыні пры кожным вымярэнні нагрузкі (нагрузак узяць 5—6).

Усе вымераныя велічыні, а таксама агульную вагу грузаў Q і паказанні дынамометра q запішыце ў табліцу.

Табліца вымярэнняў і вылічэнняў

1. Даныя вымярэнняў

Нагрузка Q *кГ*	Паказанні дынамометра q *кГ*	Фазнае напружанне $U_ф$ *в*	Фазны ток $I_ф$ *а*	Магутнасць адной фазы $P_ф$ *вт*	Лік абаротаў ротара n_2 аб/мін
Халасты ход					
1 *кГ*					
2 *кГ*					
3 *кГ*					
. . . .					

2. Вынікі вымярэнняў

Сіла трэння F *кГ*	Верцячы момант $M_{верц.}$ *кГм*	Вуглавая скорасць ω 1/*сек*	Механічная магутнасць P_2 *вт*	К. к. дз. η	$\cos\varphi$
Халасты ход					
. . . .					
. . . .					
. . . .					
. . . .					

6. Вымерайце дыяметр рабочай часткі шківа рухавіка.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Кароткі пералік асобных этапаў работы.
3. Табліца з рэзультатамі вымярэнняў і вылічэнняў.
4. Графікі залежнасці (на міліметравай паперы):

а) к. к. дз. η ад механічнай магутнасці рухавіка P_2; $\eta = f(P_2)$;

б) верцячага моманту $M_{\text{верц.}}$ ад механічнай магутнасці рухавіка P_2; $M_{\text{верц.}} = f(P_2)$.

5. Вывады аб велічыні найбольш эфектыўнай нагрузкі рухавіка, пры якой яго к. к. дз. і $\cos \varphi$ найвышэйшыя, аб верцячым момандце рухавіка і ліку яго абаротаў пры гэтай нагрузцы (падлічыць слізганне рухавіка).

Кантрольныя пытанні

1. Як у рухавіках трохфазнага току ствараецца верцячаеся магнітнае поле статара?
2. Чаму пры павелічэнні механічнай нагрузкі рухавік пачынае спажываць больш электрычнай энергіі?
3. Як па даных пашпарта рухавіка вызначыць скорасць вярчэння верцячагася магнітнага поля яго статара? Чаму яна роўна ў тым рухавіку, якім карысталіся ў дадзенай рабоце?
4. Ці можна ў практыцы сустрэць асінхронны рухавік з намінальным лікам абаротаў 1100 аб/мін, 2000 аб/мін?
5. Што называецца халастым ходам рухавіка? Чаму ровен к. к. дз. рухавіка пры рабоце яго ўхаластую?
6. Якія бываюць страты энергіі пры рабоце рухавіка?
7. Што паказвае каэфіцыент магутнасці рухавіка $\cos \varphi$? Як ён вылічваецца?
8. Што такое верцячы момант асінхроннага рухавіка? Як ён вымяраецца пры вымярэннях нагрузкі рухавіка?

Работа 22. **Уключэнне трансфарматара ў сетку і вызначэнне к. к. дз. пры розных нагрузках**

Мэта работы. Вывучыць будову і работу трансфарматара. Сабраць схему ўключэння трансфарматара, уключыць яго ў сетку і вызначыць к. к. дз.

Прыборы і абсталяванне: 1) аднафазны паніжальны трансфарматар 220/36 *в* або 127/24 *в* магутнасцю 0,2—0,4 *ква*, 2) амперметр пераменнага току на 3 *а*, 3) амперметр пераменнага току на 10 *а*, 4) вольтметр пераменнага току на 250 *в*, 5) вольтметр пераменнага току на 50 *в* (або на 30 *в*), 6) рэастат на 4 *а*, 40 *ом*, 7) рэастат на 10 *а*, 10 *ом*, 8) аднаполюсны рубільнік, 9) злучальныя правады.

Тэарэтычныя звесткі

Усякі аднафазны трансфарматар мае сардэчнік, які складаецца з тонкіх пласцін электрычнай сталі, на стрыжнях якога размешчаны дзве ізаляваныя абмоткі — больш высокага напружання (*ВН*) і больш нізкага напружання (*НН*). Адну з абмотак трансфарматара — пярвічную — падключаюць да сеткі пераменнага току. Да ўтарычнай абмоткі далучаюць спажыўцоў электрычнай энергіі, разлічаных на напружанне, якое дае гэтая абмотка трансфарматара.

Калі ўключыць у сетку пярвічную абмотку трансфарматара, а ланцуг утарычнай абмоткі разамкнуць, то трансфарматар будзе працаваць ухаластую.

Вымераўшы велічыню напружання на канцах пярвічнай абмоткі U_1 і велічыню напружання на канцах утарычнай абмоткі U_2, можна вылічыць каэфіцыент трансфармацыі трансфарматара K:

$$K = \frac{U_1}{U_2}.$$

Напружанне кожнай абмоткі прапарцыянальна ліку яе віткоў W, таму:

$$K = \frac{W_1}{W_2}.$$

Пры рабоце ўхаластую электрычная энергія, якая пастурае ў трансфарматар, расходуецца толькі на намагнічванне яго сардэчніка і на віхравыя токі «страты ў сталі». Нязначны ток, спажываемы пры гэтым пярвічнай абмоткай трансфарматара, называецца токам халастога ходу. Велічыня гэтага току складае 3,5—10% ад току пры поўнай нагрузцы трансфарматара.

Страты ж энергіі, якія адбываюцца ў трансфарматары пры яго рабоце пад нагрузкай, размяркоўваюцца на «страты ў сталі» і «страты ў медзі» (на награванне правадоў абмотак). Велічыня страт у сталі з павелічэннем нагрузкі трансфарматара амаль не змяняецца; значна ўзрастаюць толькі страты ў медзі, таму што па абмотках праходзяць павялічаныя токі. Аднак з павелічэннем магутнасці трансфарматара страты складаюць усё меншую і меншую частку гэтай магутнасці. Таму пры павелічэнні нагрузкі к. к. дз. трансфарматара ўзрастае.

Наогул страты энергіі ў трансфарматары малыя. Таму трансфарматар належыць да ліку самых дасканалых пераўтваральнікаў энергіі, таму што к. к. дз. магутных трансфарматараў высокі— 95—99%.

Паколькі трансфарматар не можа павялічыць велічыню магутнасці энергіі, паступаючай у яго абмоткі, у гэтых абмотках адначасова са змяненнем напружання змяняецца адваротна прапарцыянальна велічыня току. Такім чынам, трансфарматар некалькі падобны на рычаг, у якім на большым плячы (напружанне) дзейнічае меншая сіла (ток), а на меншым плячы — большая.

Аб гэтым неабходна памятаць пры зборцы схемы трансфарматара, каб правільна размясціць прыборы для вымярэнняў токаў і напружанняў у абедзвюх яго абмотках.

Калі магутнасць U_2I_2, аддаваемую ўтарычнай абмоткай трансфарматара, падзяліць на магутнасць U_1I_1, паступаючую ў яго пярвічную абмотку, можна вылічыць к. к. дз. трансфарматара. Пры гэтым для дакладных і правільных (з пункту гледжання законаў электратэхнікі) вымярэнняў магутнасцей патрэбна выкарыстаць ватметры. Аднак у школьных умовах можна дапускаць некаторую недакладнасць і вылічваць магутнасць кожнай абмоткі трансфарматара пры дапамозе амперметра і вольтметра, перамнажаючы іх паказанні:

$$\eta = \frac{U_2I_2}{U_1I_1}.$$

Нагружаць утарычную абмотку трансфарматара можна пры дапамозе драцяных або лямпавых рэастатаў. Паколькі напружанне ўтарычнай абмоткі даволі нізкае, токі ў ёй будуць вельмі значныя па велічыні. У дадзенай лабараторнай рабоце трэба нагружаць гэтую абмотку токамі ў 2, 4, 6, 8 і 10 *а*.

Калі няма рэастата, разлічанага на 10 *а* і маючага значнае супраціўленне, велічыню току па ўтарычнай абмотцы трансфарматара можна рэгуляваць пры дапамозе двух рэастатаў, уключаных паслядоўна. Адзін з іх можа быць разлічан на невялікі ток (3—4 *а*), але павінен мець дастаткова вялікае супраціўленне. Другі рэастат (на 10 *а*) можа быць з супраціўленнем усяго ў некалькі ом. Для павелічэння току ва ўтарычнай абмотцы спачатку выводзяць рэастат, разлічаны на меншую велічыню току. Вывеўшы яго зусім і ўстараніўшы гэтым магчымасць перагравання яго ўзросшым токам, пачынаюць памяншаць супраціўленне ланцуга ўтарычнай абмоткі трансфарматара другім рэастатам. Яго віткі выраблены з тоўстага дроту і прапускаюць значны ток, не пераграваючыся.

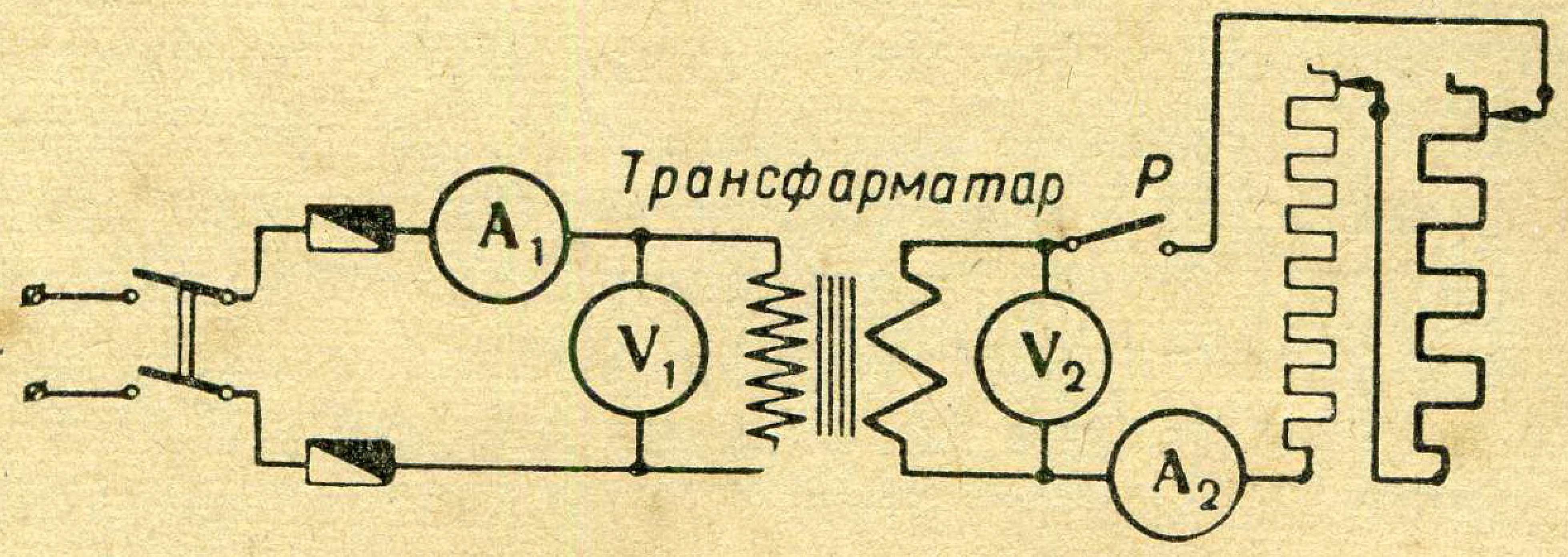
Калі драцяных рэастатаў няма, утарычную абмотку трансфарматара нагружаюць пры дапамозе некалькіх лямп, рабочае напружанне якіх роўна або крыху перавышае ўтарычнае напружанне трансфарматара. Колькасць лямп залежыць ад іх магутнасці: іх павінна быць столькі, каб можна было забяспечыць рэгуляванне ўтарычнага току трансфарматара ў межах ад 2 да 10 *а*.

Апісанне электрычнай схемы

Канцы пярвічнай абмоткі трансфарматара далучаюць да двух адпаведных зажымаў сеткі трохфазнага току (рыс. 149). У ланцуг гэтай абмоткі паслядоўна ўключаюць амперметр, а да яго канцоў далучаюць вольтметр.

Ланцуг утарычнай абмоткі складаецца з паслядоўна злучаных амперметра, аднаполюснага рубільніка і двух рэастатаў. Акрамя таго, да зажымаў абмоткі таксама далучаюць вольтметр. Аднапо-

люсным рубільнікам размыкаюць ланцуг утарычнай абмоткі для даследавання работы трансфарматара ўхаластую.



Рыс. 149. Схема ўключэння аднафазнага трансфарматара ў сетку.

Выкананне работы

1. Вывучыце будову трансфарматара, азнаёмцеся з яго пашпартам, вызначце намінальныя напружанні і токі абедзвюх яго абмотак.
2. Зыходзячы з гэтых даных, вызначце, якія вымяральныя прыборы патрэбна ўключыць у ланцуг пярвічнай, а якія — у ланцуг утарычнай абмотак трансфарматара.
3. Выканайце электрычны мантаж згодна са схемай.
4. Разамкніце рубільнік у ланцугу ўтарычнай абмоткі, падключыце пярвічную абмотку трансфарматара да сеткі і запішыце пака-

Табліца вымярэнняў і вылічэнняў

Утарычная абмотка трансфарматара				Пярвічная абмотка трансфарматара			
даныя назіранняў		рэзультаты вылічэнняў		даныя назіранняў		рэзультаты вылічэнняў	к. к. дз η
ток нагрузкі I_2 *а*	напружанне U_2 *в*	магутнасць $U_2 I_2$ *ва*	супраціўленне рэастатаў R *ом*	ток, спажываемы I_1 *а*	напружанне U_1 *в*	магутнасць $U_1 I_1$ *ва*	
0 (халасты ход)							
2 *а*							
4 *а*							
6 *а*							
8 *а*							
10 *а*							

занні вымяральных прыбораў пры рабоце трансфарматара ўхаластую.

5. Пастаўце паўзункі рэастатаў на максімальнае супраціўленне, замкніце ўтарычны ланцуг трансфарматара і паступова (чатыры-пяць разоў) павялічвайце ток у гэтым ланцугу, даводзячы яго ў канцы да 10 *а*. Пры кожнай нагрузцы вымярайце велічыню току і напружанні абедзвюх абмотак. Паказанні прыбораў запішыце ў табліцу.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Кароткі пералік этапаў работы.
3. Электрычная схема работы.
4. Табліца рэзультатаў вымярэнняў і вылічэнняў.
5. Графік (на міліметравай паперы) вымярэння к. к. дз. трансфарматара пры вымярэннях яго нагрузкі $\eta = f(I_2)$.
6. Вывады. Найбольш эфектыўная нагрузка трансфарматара, пры якой ён працуе з максімальным к. к. дз.

Кантрольныя пытанні

1. На якой фізічнай з'яве заснавана дзеянне трансфарматара?
2. Што паказвае каэфіцыент трансфармацыі?
3. Якую абмотку трансфарматара называюць пярвічнай, а якую — утарычнай?
4. Ці можна, ведаючы сячэнне праваду абмотак, указаць, у якой з іх дзейнічае больш высокае напружанне, а ў якой — больш нізкае?
5. З чаго і як вырабляецца сардэчнік трансфарматара?
6. Што называецца халастым ходам трансфарматара?
7. Якія адбываюцца страты магутнасці ў трансфарматары ў час яго работы?
8. Якія тыпы трансфарматараў вы ведаеце? Дзе яны выкарыстоўваюцца?
9. Як выкарыстоўваюцца трансфарматары пры перадачы электрычнай энергіі на вялікія адлегласці?
10. Якое адрозненне паміж трансфарматарам і аўтатрансфарматарам?

АДДЗЕЛ ЧАЦВЁРТЫ

РАДЫЁСУВЯЗЬ

§ 25. ВЫНАХОДСТВА І ПРЫМЯНЕННЕ РАДЫЁ

Штогод 7 мая наша краіна адзначае Дзень радыё. У гэты дзень у 1895 г. выдатны рускі фізік Аляксандр Сцяпанавіч Папоў выступіў з дакладам на пасяджэнні Рускага фізіка-хімічнага таварыства і прадэманстраваў створаны ім першы ў свеце радыёпрыёмнік. Свой даклад ён закончыў словамі: «Магу выказаць надзею, што мой прыбор пры далейшым удасканаленні яго можа быць прыменен да перадачы сігналаў на адлегласць пры дапамозе хуткіх электрычных ваганняў». Так было зроблена адкрыццё сусветнага значэння, якое паслужыла пачаткам цэлай галіны радыётэхнічных навук.

Настойлівая і ўпартая праца вынаходцы над удасканаленнем новага спосабу сувязі прывяла яго да цэлага рада тэхнічных адкрыццяў.

А. С. Папоў першы ў свеце ажыццявіў перадачу сігналаў па радыё, даказаў магчымасць практычнага прымянення радыёсувязі, прымяніў антэну і зазямленне. Адкрыццё А. С. Паповым з'явы адбіцця і зацянення радыёхваль паслужыла асновай радыёлакацыі і радыёнавігацыі. А. С. Паповым створана новая навука — радыёвымярэнні.

Вялікая Кастрычніцкая сацыялістычная рэвалюцыя стварыла магутную аснову для развіцця і росквіту айчыннай радыётэхнікі, якая заняла вядучае месца ў сусветнай навуцы.

Савецкія вучоныя, інжынеры і тэхнікі па закліку партыі і ўрада ўзбагачаюць навуку і тэхніку новымі адкрыццямі і тэхнічнымі ўдасканаленнямі ў галіне радыё. У цяперашні час у нашай краіне дзейнічаюць звыш шаснаццаці мільёнаў радыёвяшчальных кропак, трывала ўвайшло ў жыццё тэлебачанне. Пабудаван рад ліній радыёсувязей, злучыўшых пункты, якія знаходзяцца адзін ад другога на адлегласці тысяч кіламетраў. Радыё пранікла ў многія галіны навукі, тэхнікі і народнай гаспадаркі.

Дасягненні радыётэхнікі выкарыстоўваюцца ў будове вельмі складаных электронных лічыльных машын.

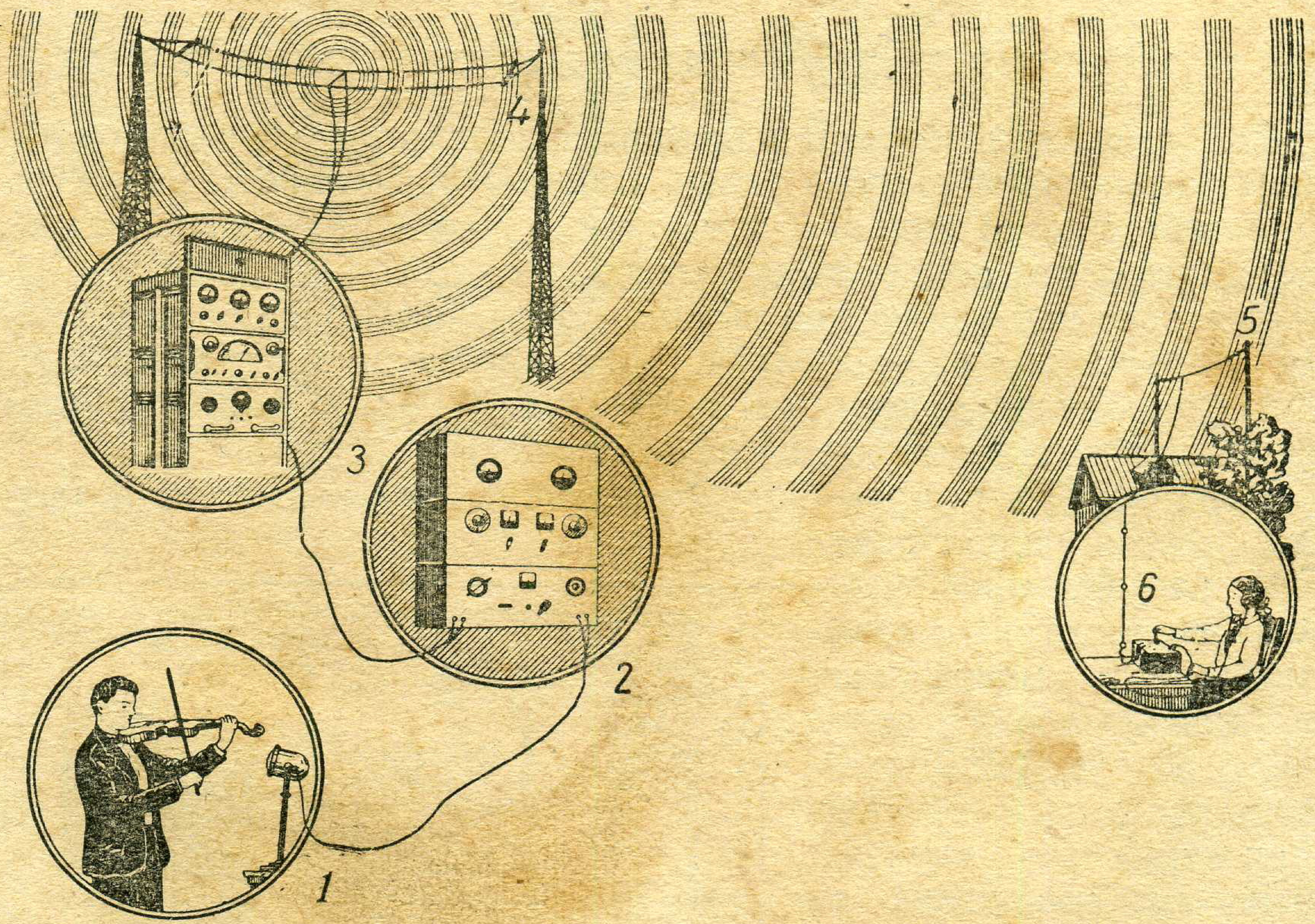
Пры дапамозе радыё вывучаюцца багацці зямных нетраў і стан атмасферы. Радыёсродкі выкарыстоўваюцца ў медыцыне і сельскай гаспадарцы. Радыёпрыборы і рознае радыёабсталяванне знаходзяць

шырокае прымяненне пры даследаваннях у галіне атамнай энергії і будове рэчыва.

Радыё выкарыстоўваецца для вызначэння месцазнаходжання аб'ектаў, якія знаходзяцца на вялікіх адлегласцях (радыёлакацыя). Вялікае распаўсюджанне атрымалі радыёнавігацыя і радыёгеадэзія. Радыё ў развіцці чалавецтва з'яўляецца магутным сродкам навукова-тэхнічнага прагрэсу, развіцця культуры і выхавання шырокіх мас.

§ 26. ПРЫНЦЫП РАДЫЁСУВЯЗІ

Для радыёсувязі выкарыстоўваюцца ваганні высокай частаты ад 100 000 герц і вышэй да некалькіх тысяч мегагерц, якія выпрацоўваюцца лямпавымі генератарамі, размешчанымі на перадаючай станцыі і злучанымі з перадаючай антэнай. На радыёвяшчальных станцыях перадатчык мае вялікую магутнасць (рыс. 150). Мікрафон



Рыс. 150. Радыёвяшчальны тракт: *1* — мікрафон у студыі, *2* — лямпавы ўзмацняльнік нізкай частаты, *3* — лямпавы генератар токаў высокай частаты, *4* — перадаючая антэна, *5* — прыёмная антэна, *6* — радыёпрыёмнік.

устаноўлен у студыі і злучан з лямпавым узмацняльнікам, які знаходзіцца ў апаратнай, размешчанай побач са студыяй. Узмацняльнік узмацняе слабыя токі нізкай (гукавой) частаты, утвораныя ў ланцугу мікрафона. Узмоцненыя токі па правадах перадаюцца на радыёстанцыю, дзе яны ў перадатчыку ўздзейнічаюць на высокую частату і змяняюць звычайна амплітуду ваганняў па закону нізкай

частаты. Гэтае змяненне называюць мадуляцыяй, і, значыць, у антэну паступаюць мадуляваныя ваганні высокай частаты. У прасторы, што акружае антэну, ствараюцца электрамагнітныя хвалі (радыёхвалі), якія распаўсюджваюцца са скорасцю 300 000 *км* у секунду. Сустракаючы на шляху прыёмную антэну, электрамагнітныя хвалі ўзбуджаюць у ёй э. р. с. такой жа частаты і з той жа мадуляцыяй, што на перадаючай станцыі. Гэтая э. р. с. з антэны паступае ў прыёмнік, дзе ствараe высокачастотныя мадуляваныя ваганні ў ланцугах радыёпрыёмніка. У прыёмніку з мадуляваных ваганняў высокай частаты спецыяльным выпрамляльнікам-дэтэктарам вылучаецца ток нізкай частаты, які ў тэлефоне пераўтвараецца ў гук, успрыймальны вухам. Шлях праходжання радыётэлефоннай перадачы ад мікрафона перадаючай станцыі да тэлефона радыёслухача называюць радыёвяшчальным трактам. Пры дзвюхбаковай радыёсувязі кожны карэспандэнт мае радыёстанцыю, якая складаецца з перадатчыка і прыёмніка.

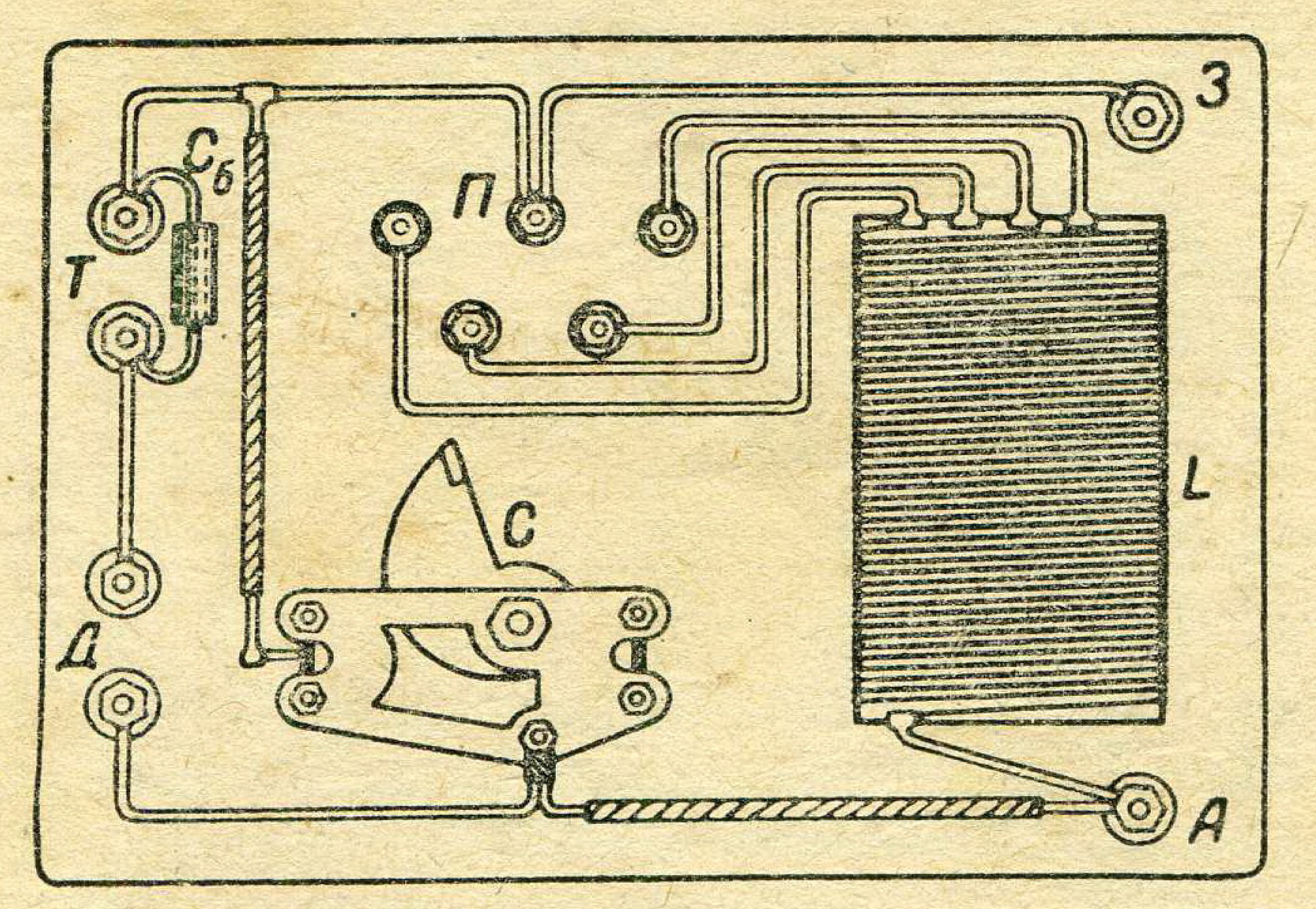
§ 27. УМОЎНЫЯ АБАЗНАЧЭННІ РАДЫЁДЭТАЛЕЙ НА СХЕМАХ

Для вывучэння будовы радыёапаратуры карыстаюцца схемамі. Схема дае магчымасць ясна ўявіць сабе прынцып работы радыёпрыёмніка або іншага апарата, а таксама хутка і правільна ажыццявіць мантаж яго або зрабіць рамонт.

Для таго каб навучыцца чытаць схемы, неабходна ведаць умоўныя абазначэнні радыёдэталей. Яны з'яўляюцца агульнымі для ўсіх і ўзаконены адпаведнымі стандартамі. Радыёдэталі і іх умоўныя абазначэнні прыведзены на рысунку 152.

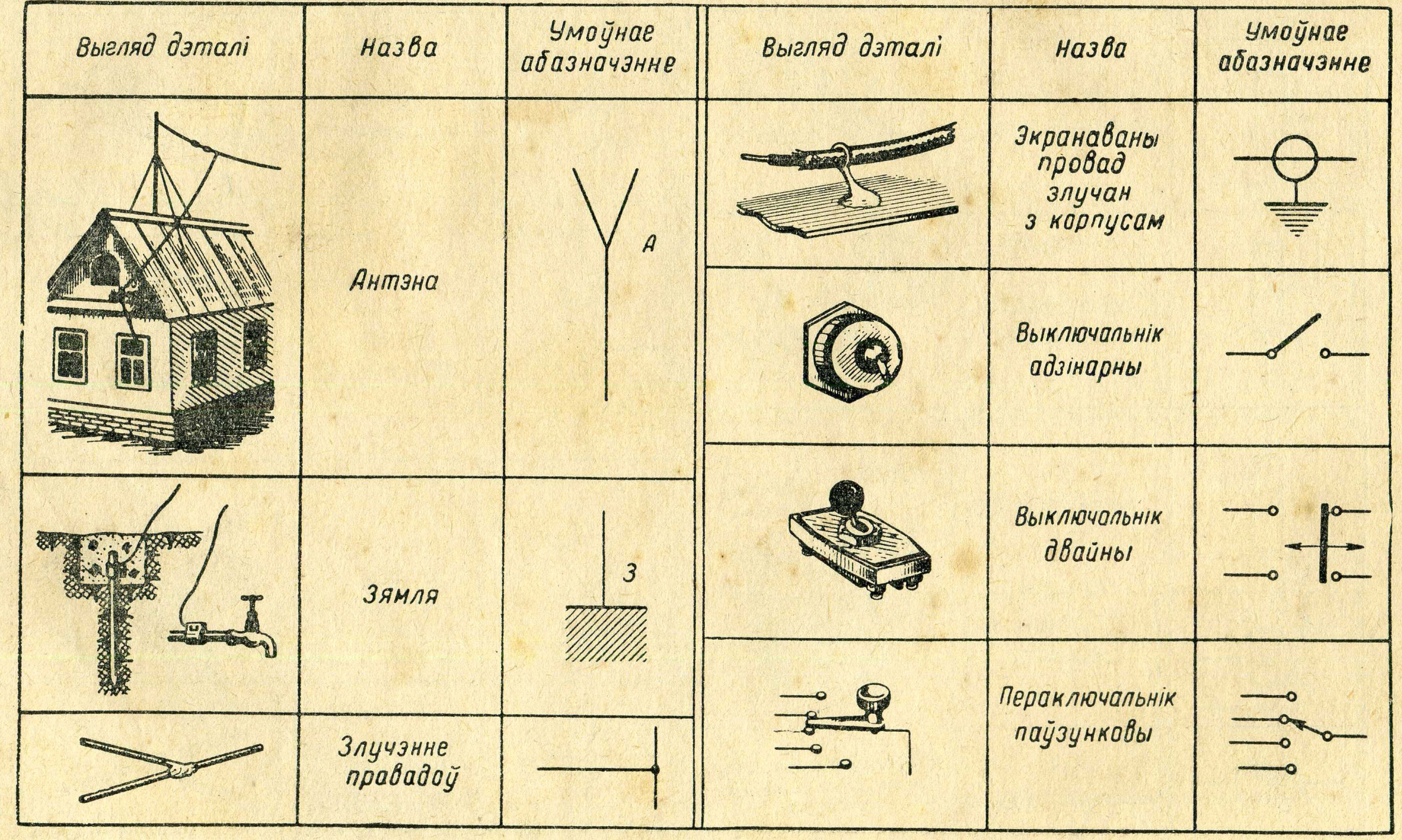
Толькі добра вывучыўшы абазначэнні, можна чытаць і разумець розныя радыёсхемы.

У радыётэхніцы ўжываюць два тыпы схем: прынцыповыя і мантажныя. На прынцыповай схеме (рыс. 153) ўмоўна паказваюць усе дэталі прыбора і электрычныя злучэнні паміж імі незалежна ад размяшчэння дэталей у канструкцыі прыбора. Прынцыповая схема неабходна для разгляду прынцыпу дзеяння радыёпрыёмніка і высвятлення ролі, якую выконвае кожная дэталь. Ёю таксама карыстаюцца пры праверачным злучэнні апаратуры.

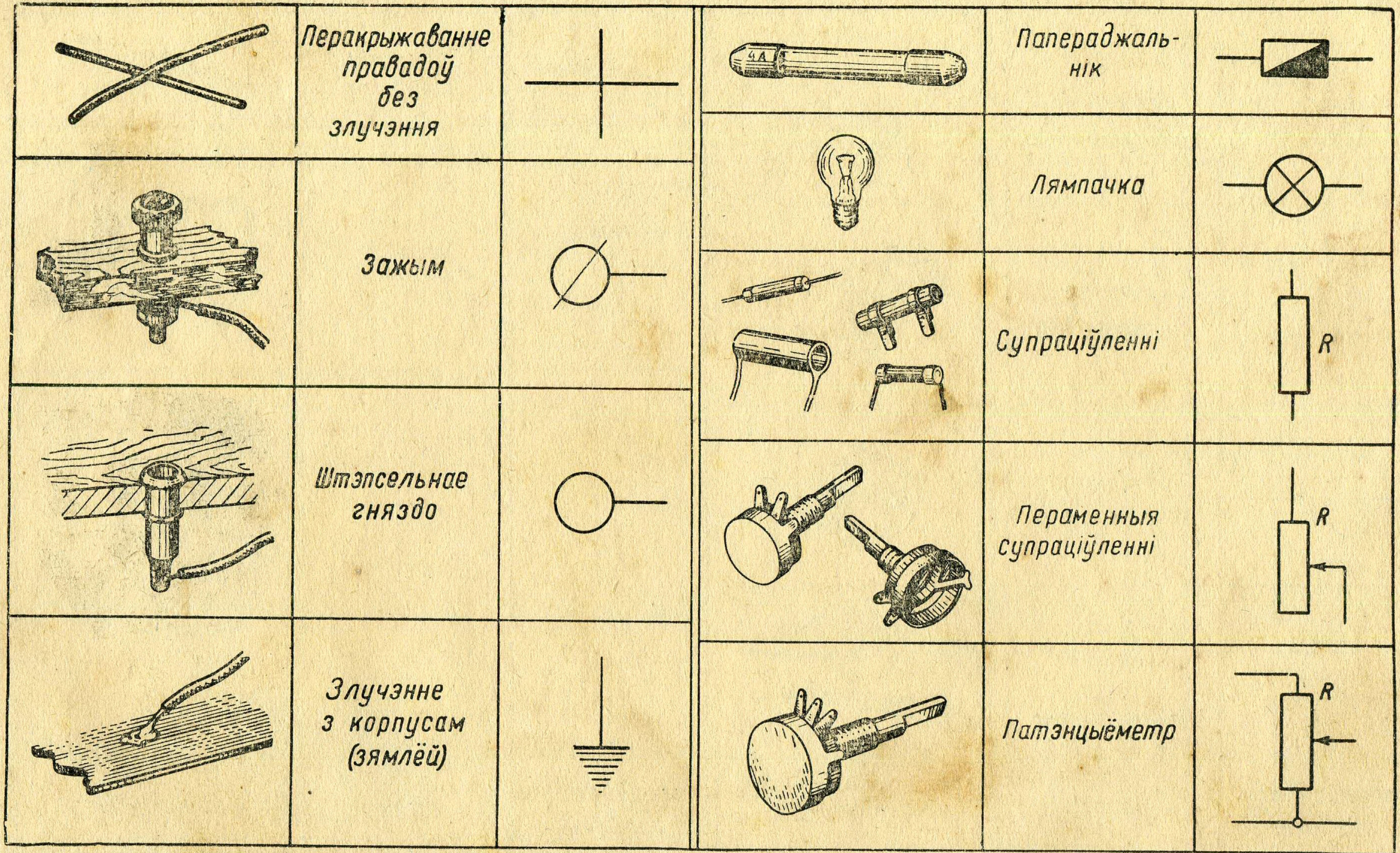


Рыс. 151. Мантажная схема дэтэктарнага радыёпрыёмніка.

На мантажнай схеме (рыс. 151) паказваюць у натуральную велічыню або ў маштабе ўсе дэталі прыёмніка, іх узаемнае размяшчэнне і паказваюць правады, якія злучаюць асобныя дэталі.



Рыс. 152а. Радыёдэталі і іх умоўнае абазначэнне на схемах.


Перакрыжаванне правадоў без злучэння
Зажым
Штэпсельнае гняздо
Злучэнне з корпусам (зямлёй)
4A
Папераджальнік
Лямпачка
Супраціўленні
R
Пераменныя супраціўленні
R
Патэнцыёметр
R

Рыс. 152 б.

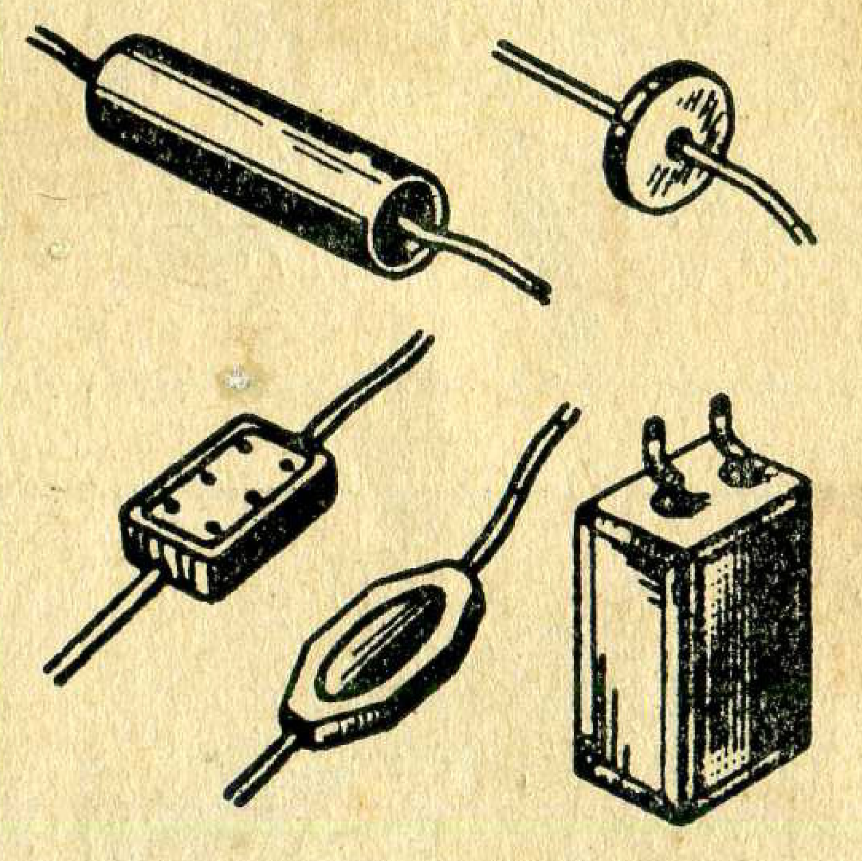
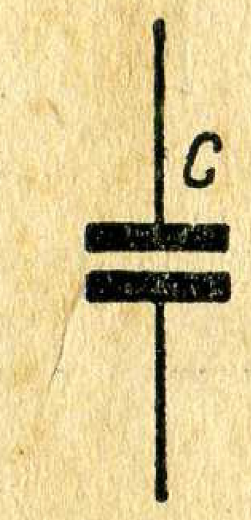
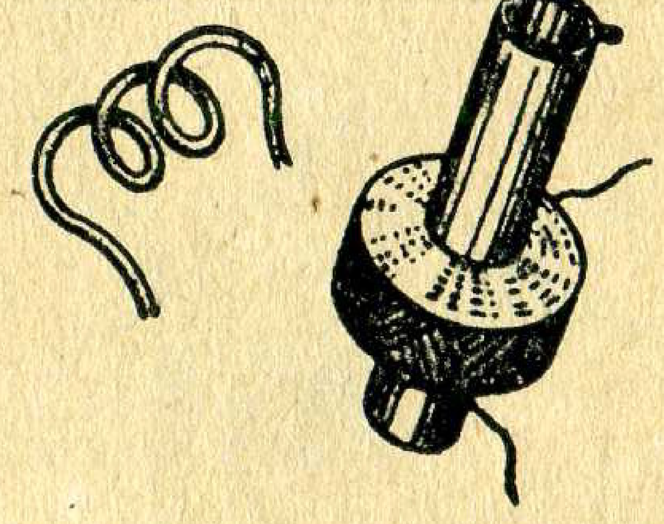
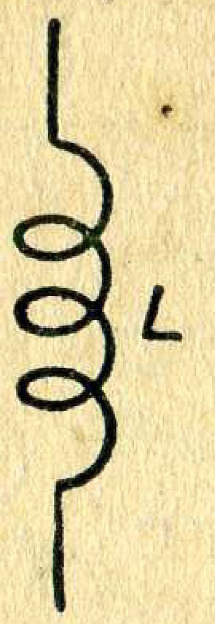
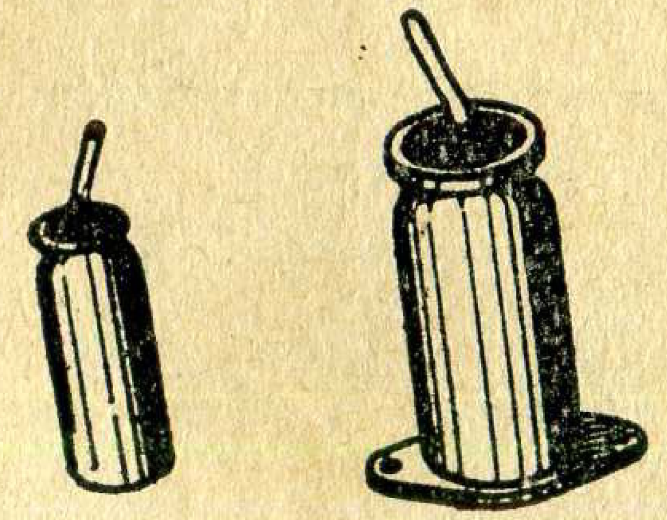
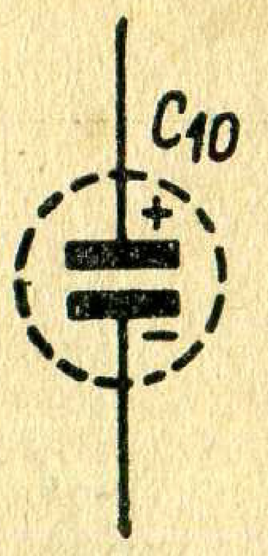
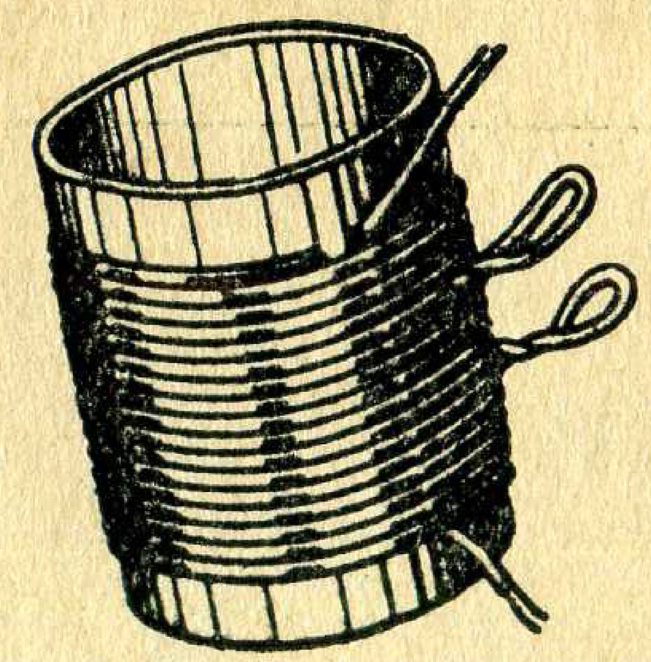
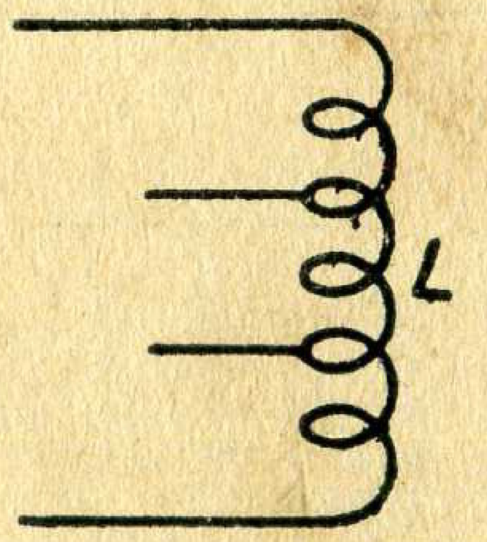
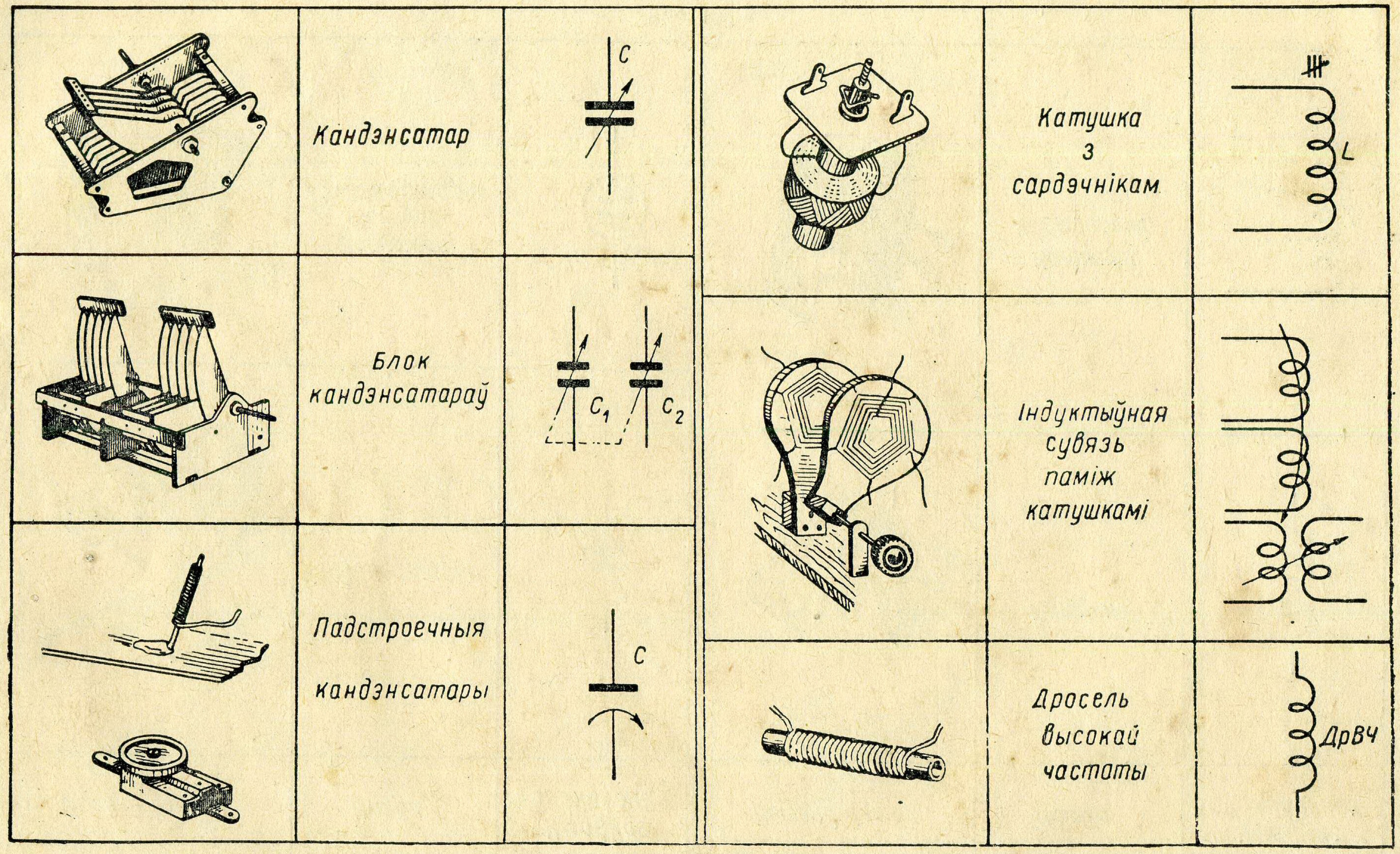
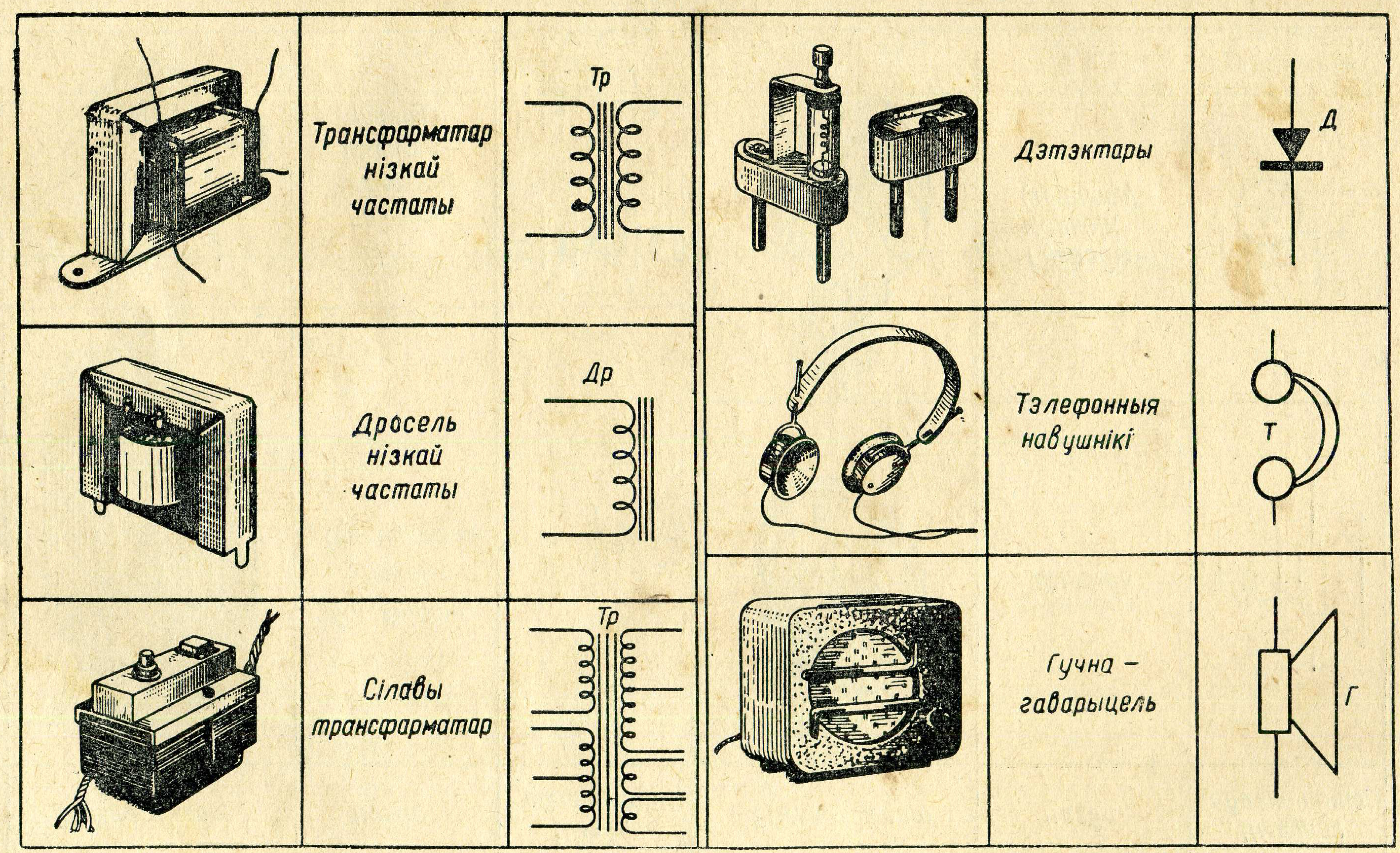
Выгляд дэталі	Назва	Умоўнае абазначэнне	Выгляд дэталі	Назва	Умоўнае абазначэнне
	Кандэнсатары			Катушкі	
	Электралітычныя кандэнсатары			Катушка з вывадамі	

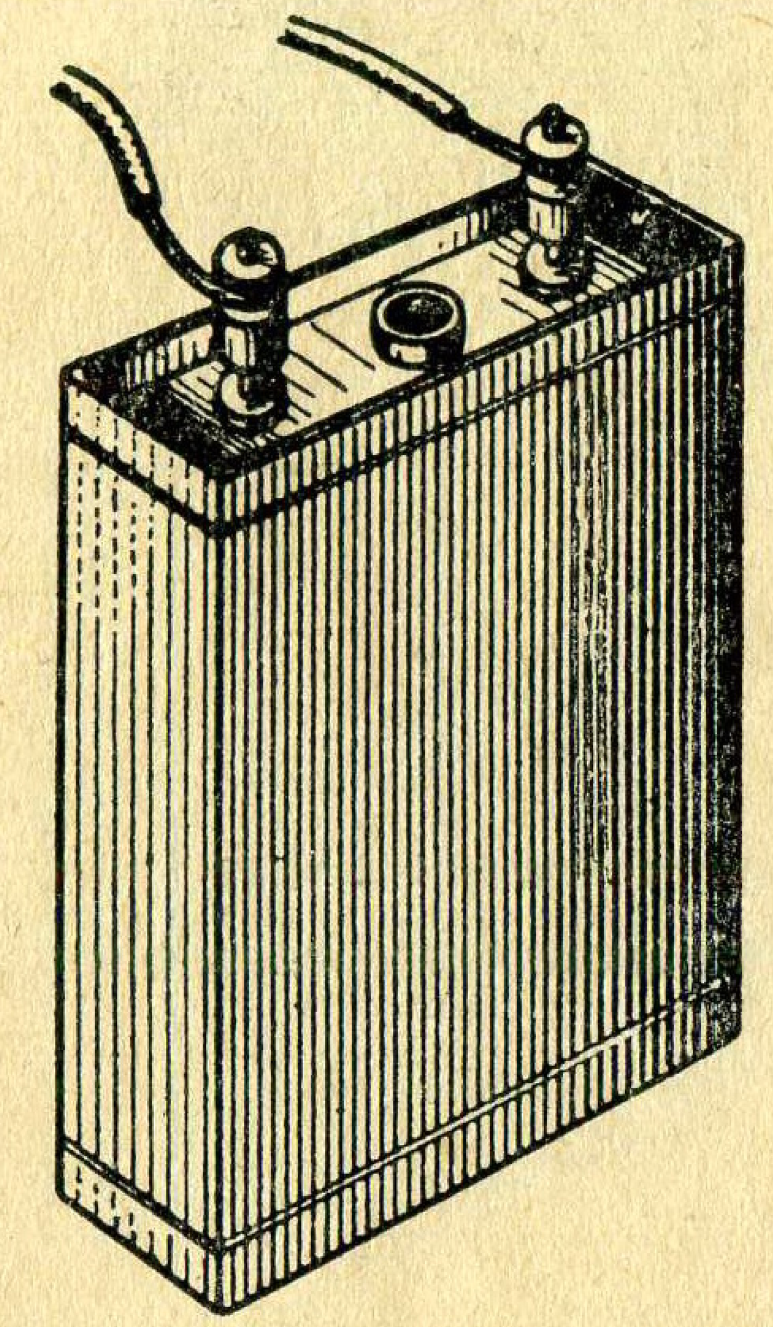
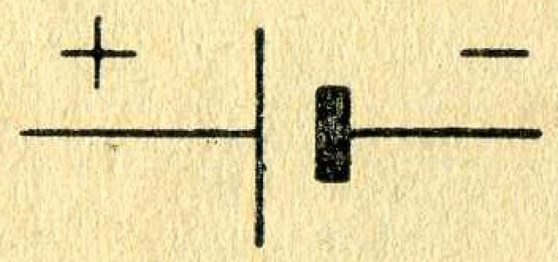
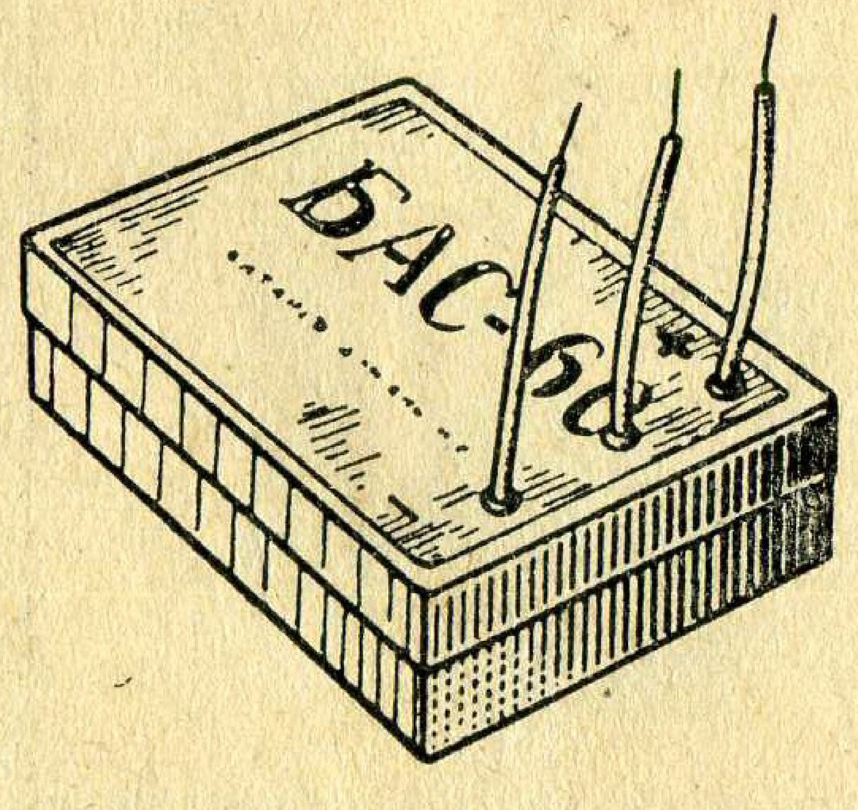
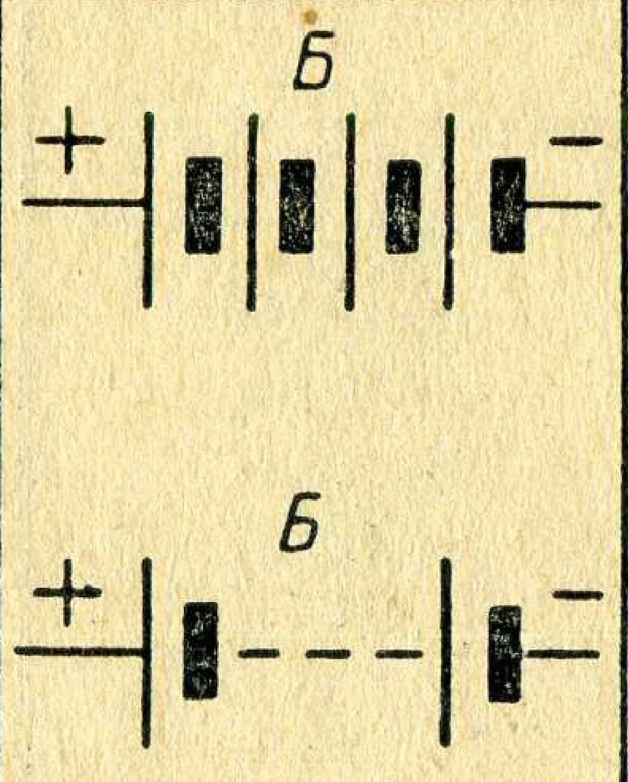
Рис. 152 в.

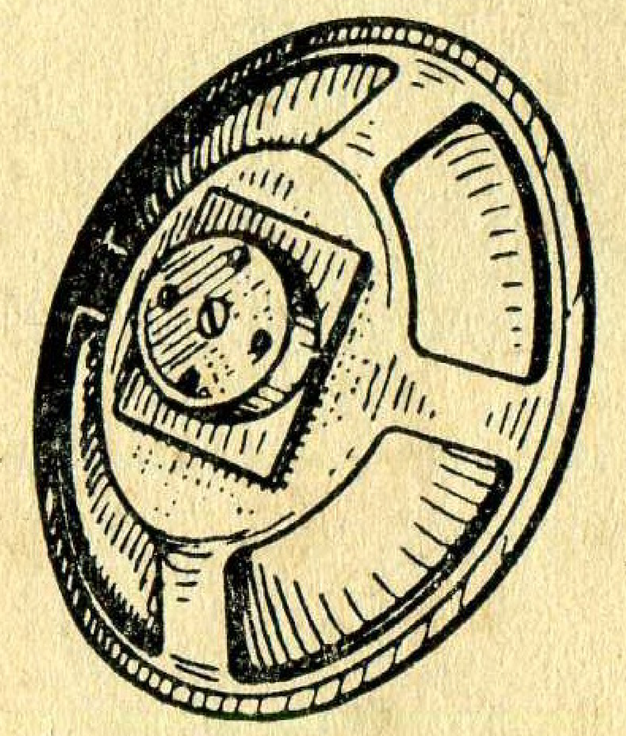
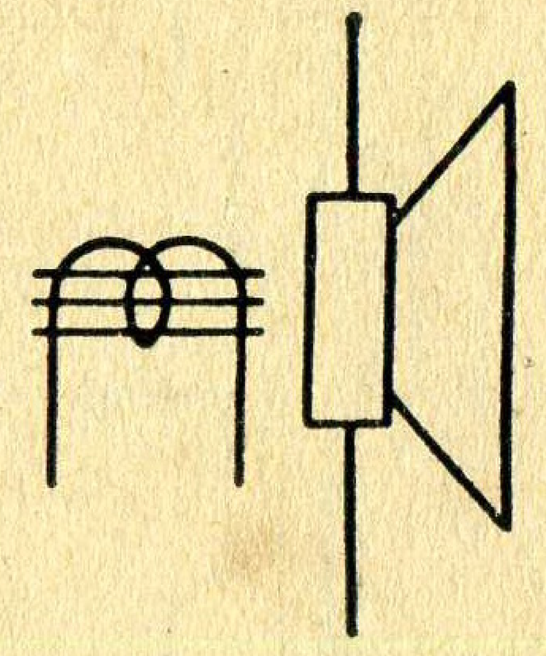
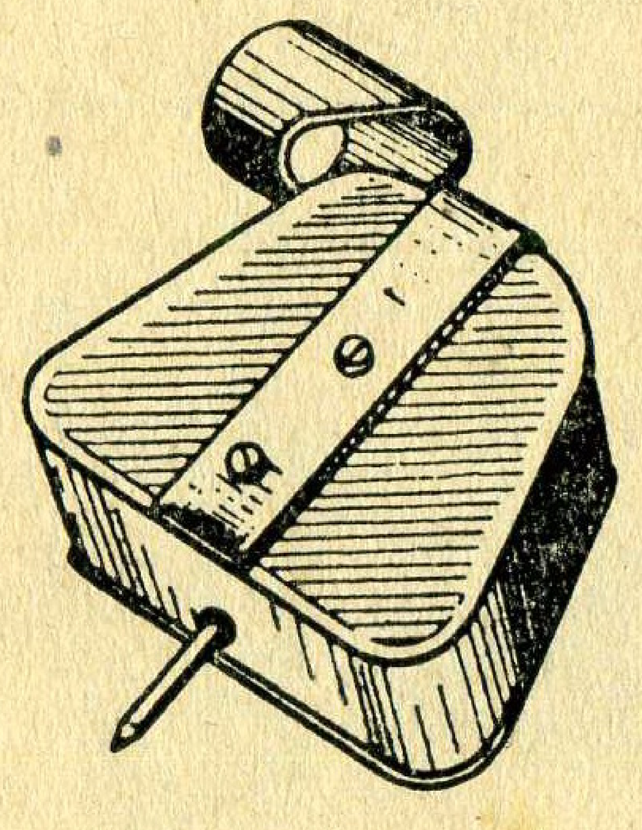
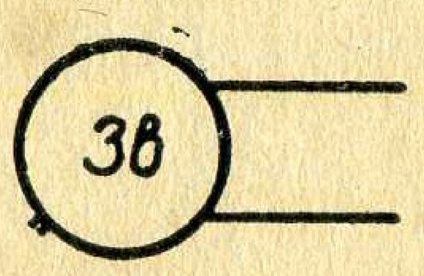

Кандэнсатар
C
Блок
кандэнсатараў
C_1
C_2
Падстроечныя
кандэнсатары
C
Катушка
з
сардэчнікам
L
Індуктыўная
сувязь
паміж
катушкамі
Дросель
высокай
частаты
ДрВЧ

Рыс. 152г.

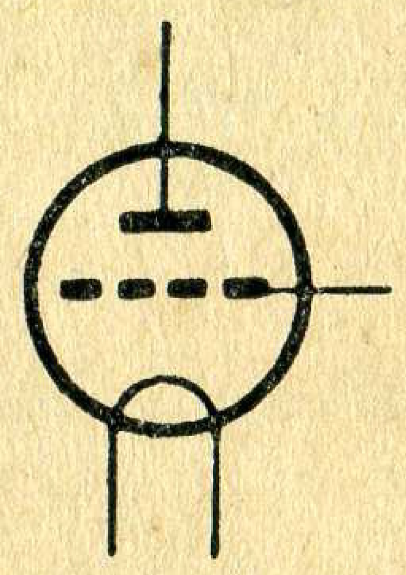
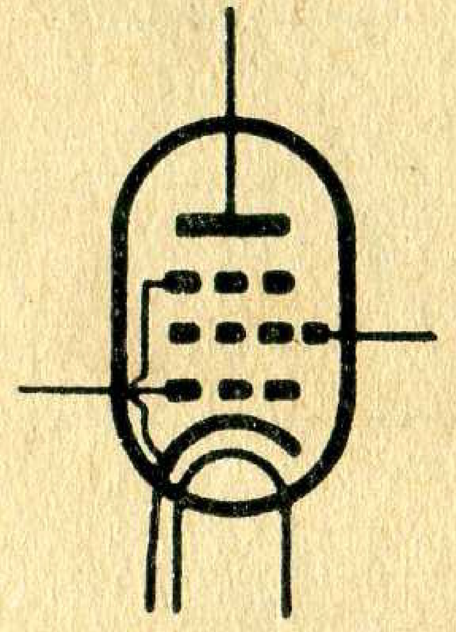
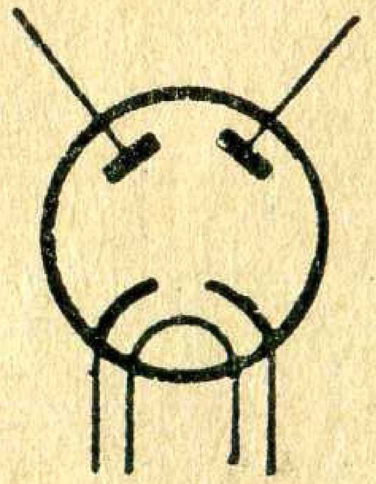
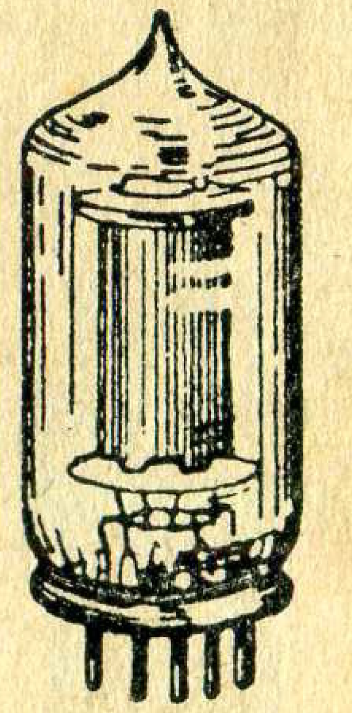
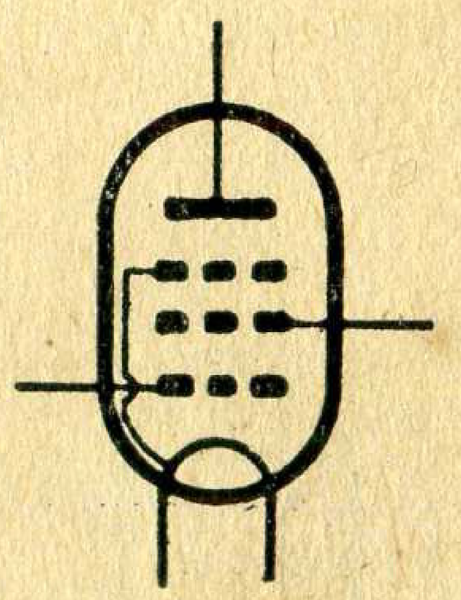

Трансфарматар нізкай частаты
Тр
Дросель нізкай частаты
Др
Сілавы трансфарматар
Тр
Дэтэктары
Д
Тэлефонныя навушнікі
Т
Гучна – гаварыцель
Г

Рыс. 152 д.

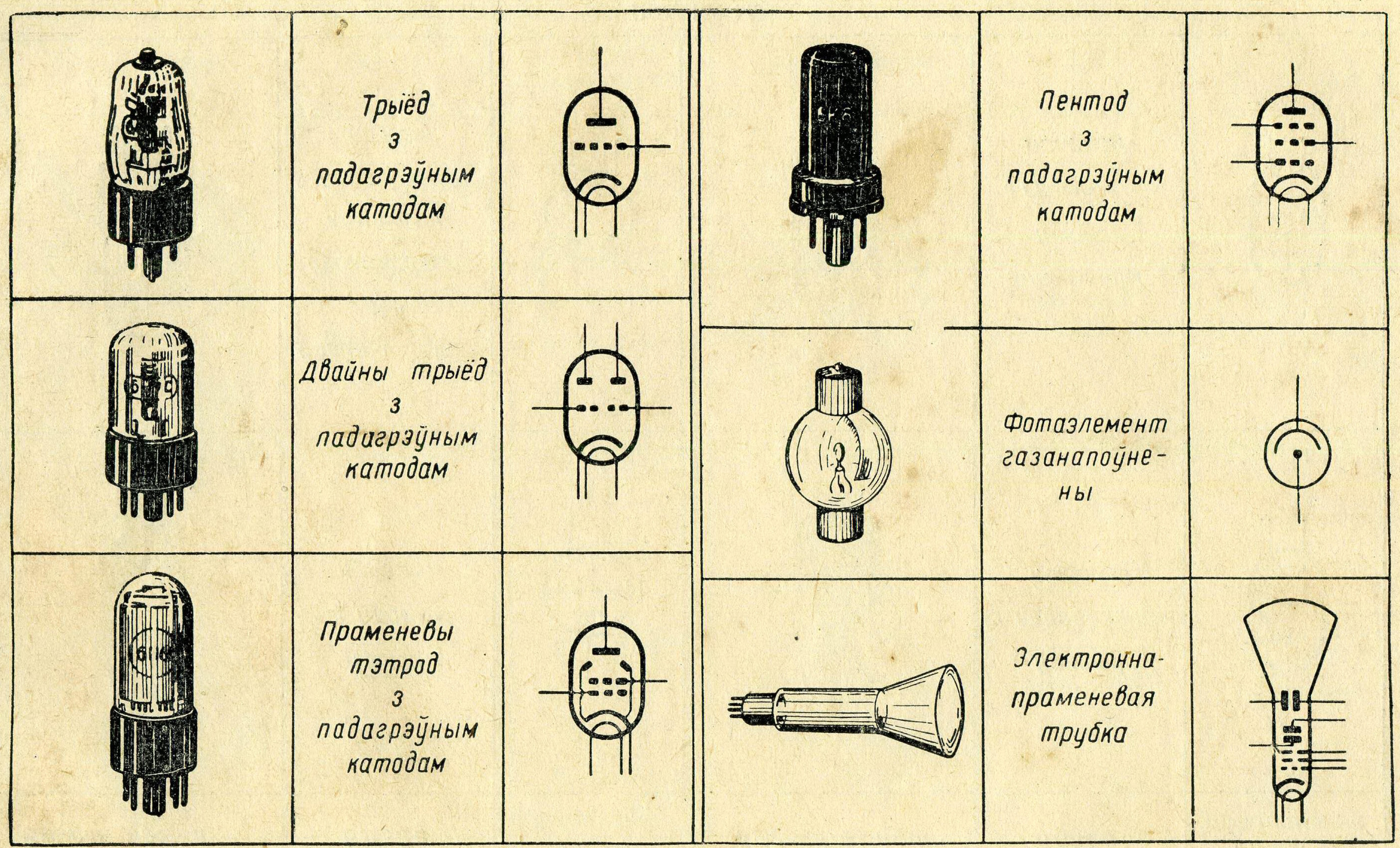
Выгляд дэталі	Назва	Умоўнае абазначэнне
	Гальванічны элемент (акумулятар)	
	Батарэя элементаў (акумулятараў)	

Выгляд дэталі	Назва	Умоўнае абазначэнне
	Дынамік	
	Гуказдымальнік (адаптар)	

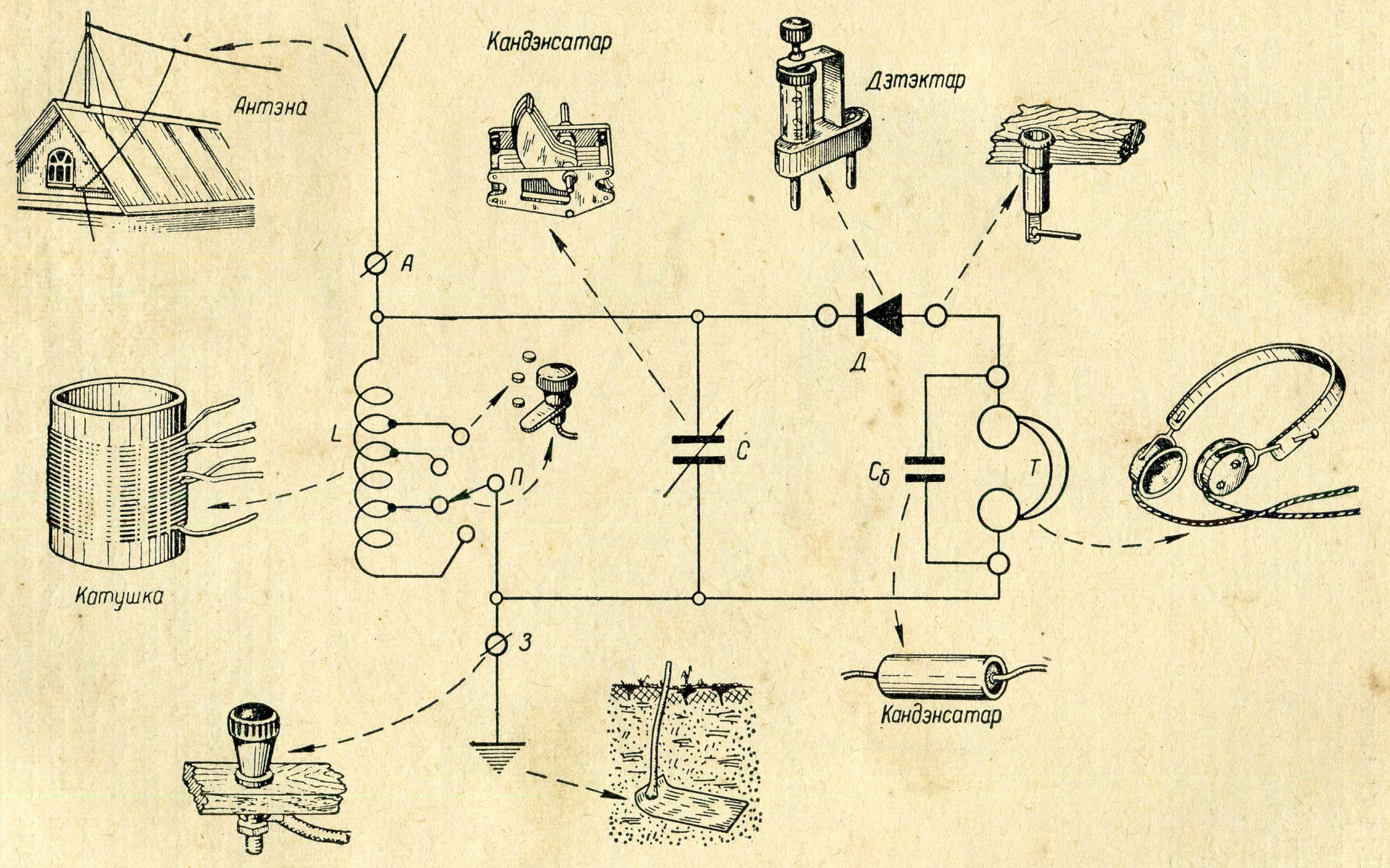
Рыс. 152е.

Выгляд дэталі	Назва	Умоўнае абазначэнне	Выгляд дэталі	Назва	Умоўнае абазначэнне
	Трыёд з прамым напалам			Пентод з падагрэўным катодам	
	Двайны дыёд або двуханодны кенатрон з паасобнымі катодамі			Пальчыкавы пентод з прамым напалам	

Рыс. 152 ж.


Трыёд з падагрэўным катодам
Двайны трыёд з падагрэўным катодам
Праменевы тэтрод з падагрэўным катодам
Пентод з падагрэўным катодам
Фотаэлемент газанапоўнены
Электроннапраменевая трубка

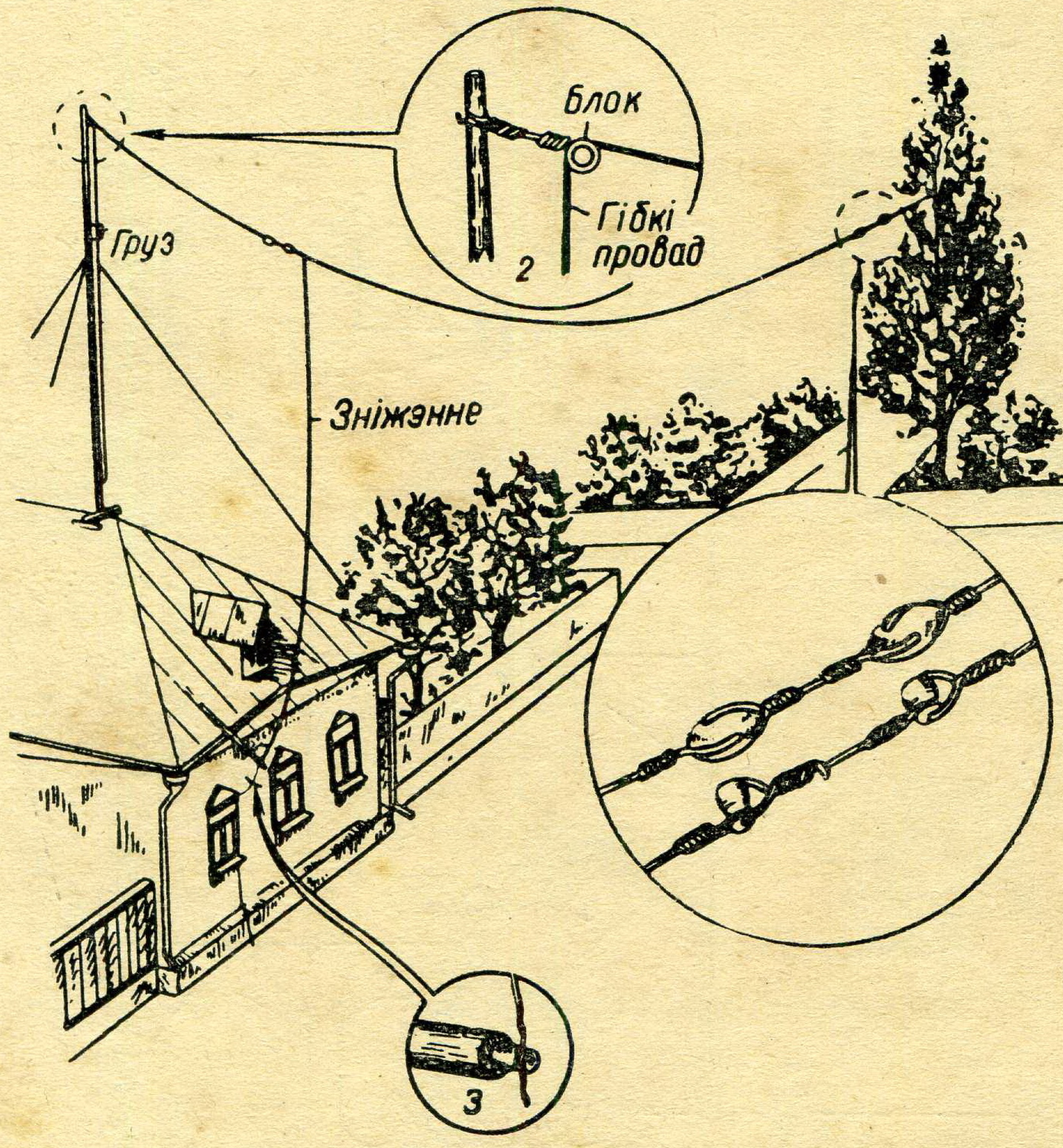
Рыс. 152 з.



Рыс. 153. Абазначэнне радыёдэталей на прынцыповай схеме дэтэктарнага радыёпрыёмніка.

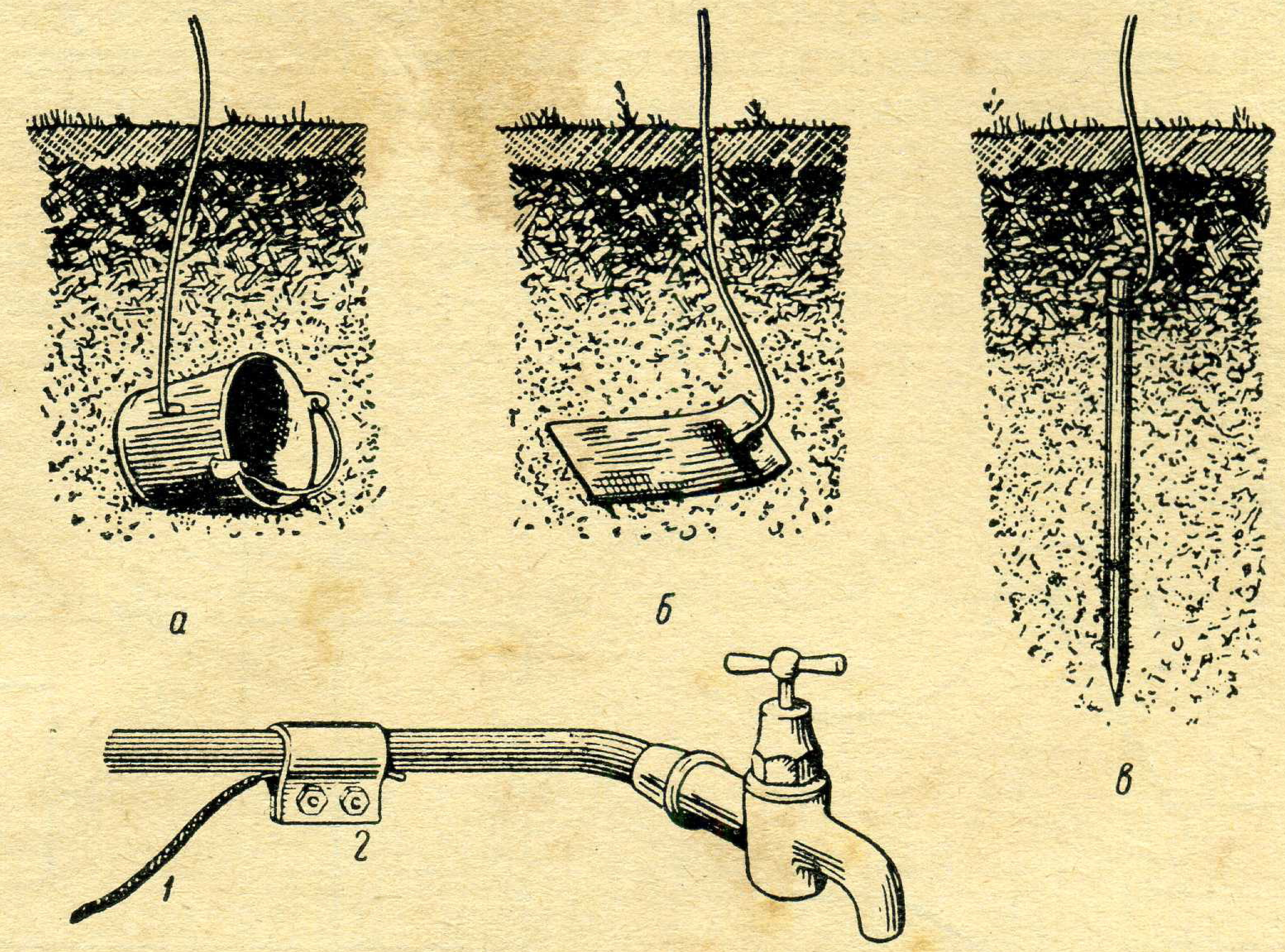
§ 28. АНТЭНА І ЗАЗЯМЛЕННЕ

Для спрамянення і прыёму электрамагнітных хваль ужываюць адкрыты вагальны контур, які называюць антэнай. У практычным выкананні найбольш часта антэна складаецца з проваду, падвешанага на высокіх мачтах, добра ізаляванага ад пунктаў падвесу і злучанага з перадаючай або прыёмнай апаратурай провадам, называемым зніжэннем (рыс. 154). Другой часткай адкрытага контуру з'яўляецца процівага — сетка правадоў, ізаляваных ад зямлі



Рыс. 154. Будова і дэталі антэны.

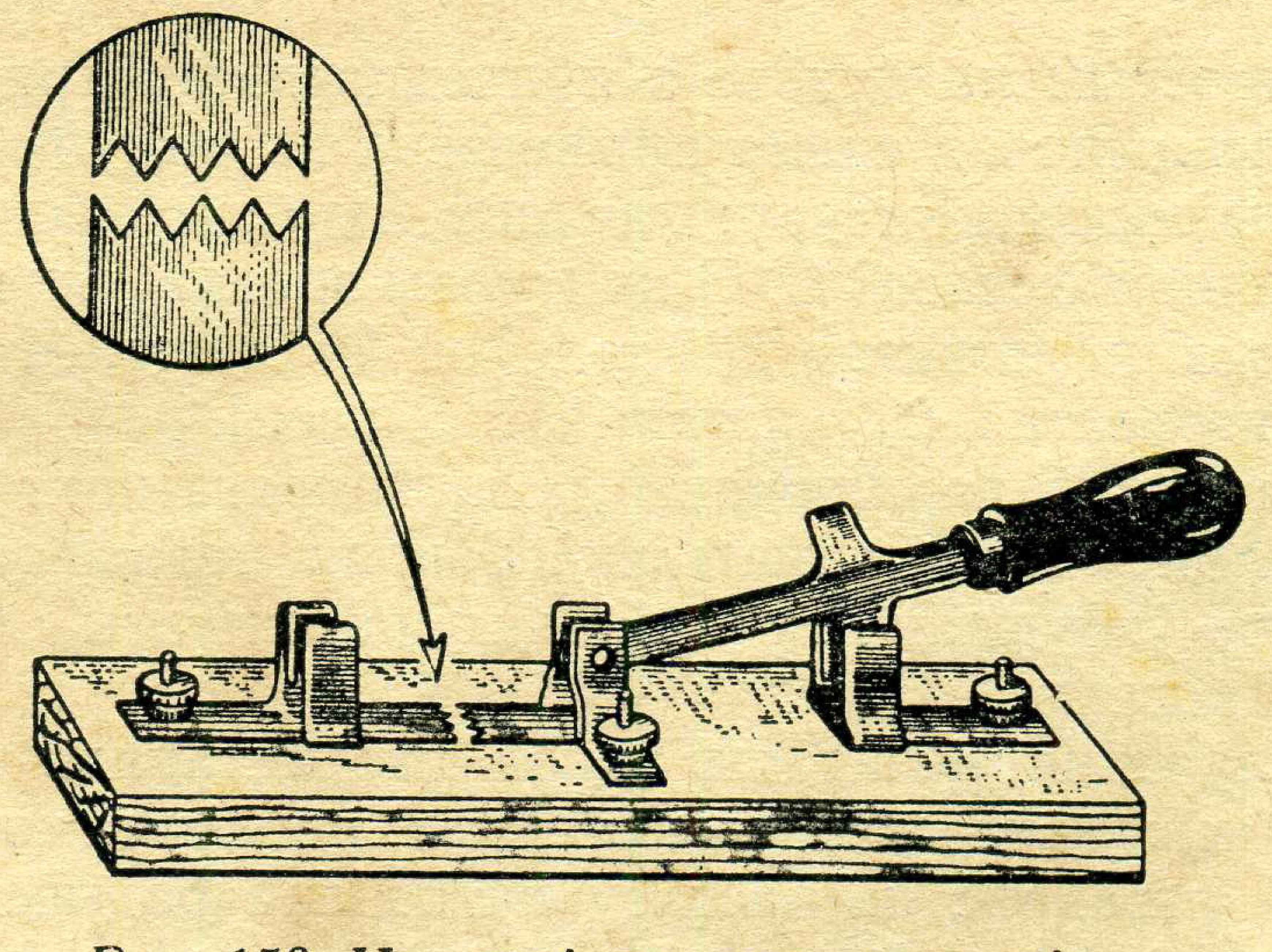
і падвешаных пад антэнай на слупах. Процівагу ўжываюць на перадаючых радыёстанцыях і ў перасоўных радыёўстаноўках. У прыёмных радыёўстаноўках процівагу замяняюць злучэннем з зямлёй — зазямленнем. Ім служыць любы металічны прадмет — зазямляльнік, закапаны ў зямлю (рыс. 155). Для гэтага выбіраецца самае блізкае месца з найбольш вільготнай глебай. Да зазямлення прыпайваецца провад, які ўводзіцца ў памяшканне праз адтуліну ў ніжняй частцы рамы акна. У гарадах для зазямлення выкарыстоўваюцца трубы водаправода. Да іх далучаюць зазямляючы провад пры дапамозе муфты з болцікам (рыс. 155 г). Зазямленне далучаюць да корпуса прыёмніка. На кароткіх хвалях (гл. далей) можна зазямленнем не карыстацца (дастаткова масы корпуса).



Рыс. 155. Зазямленні: *а* — металічнае вядро, *б* — металічны ліст, *в* — металічная труба, *г* — далучэнне да водаправоднай трубы: *1* — провад, *2* — латуневая муфта.

§ 29. НАВАЛЬНІЧНЫ ПЕРАКЛЮЧАЛЬНІК

У антэнным провадзе, які знаходзіцца на адкрытым паветры, могуць збірацца значныя колькасці электрычнасці пад уздзеяннем навальніцы, снегападу, сухога ветру з пылам і іншых падобных з'яў. Электрычныя зарады могуць пашкодзіць радыёпрыёмнік і

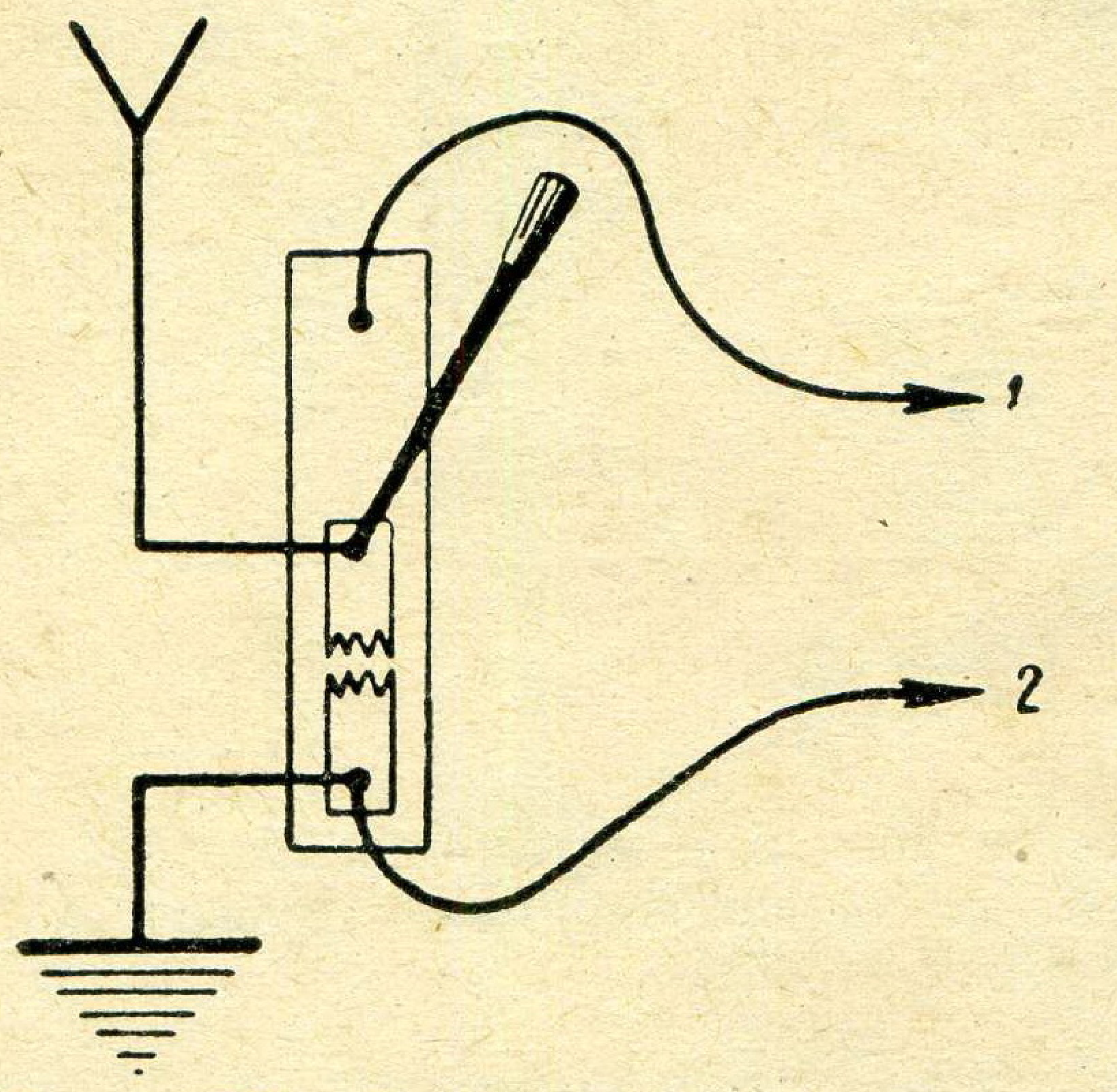


Рыс. 156. Навальнічны пераключальнік.

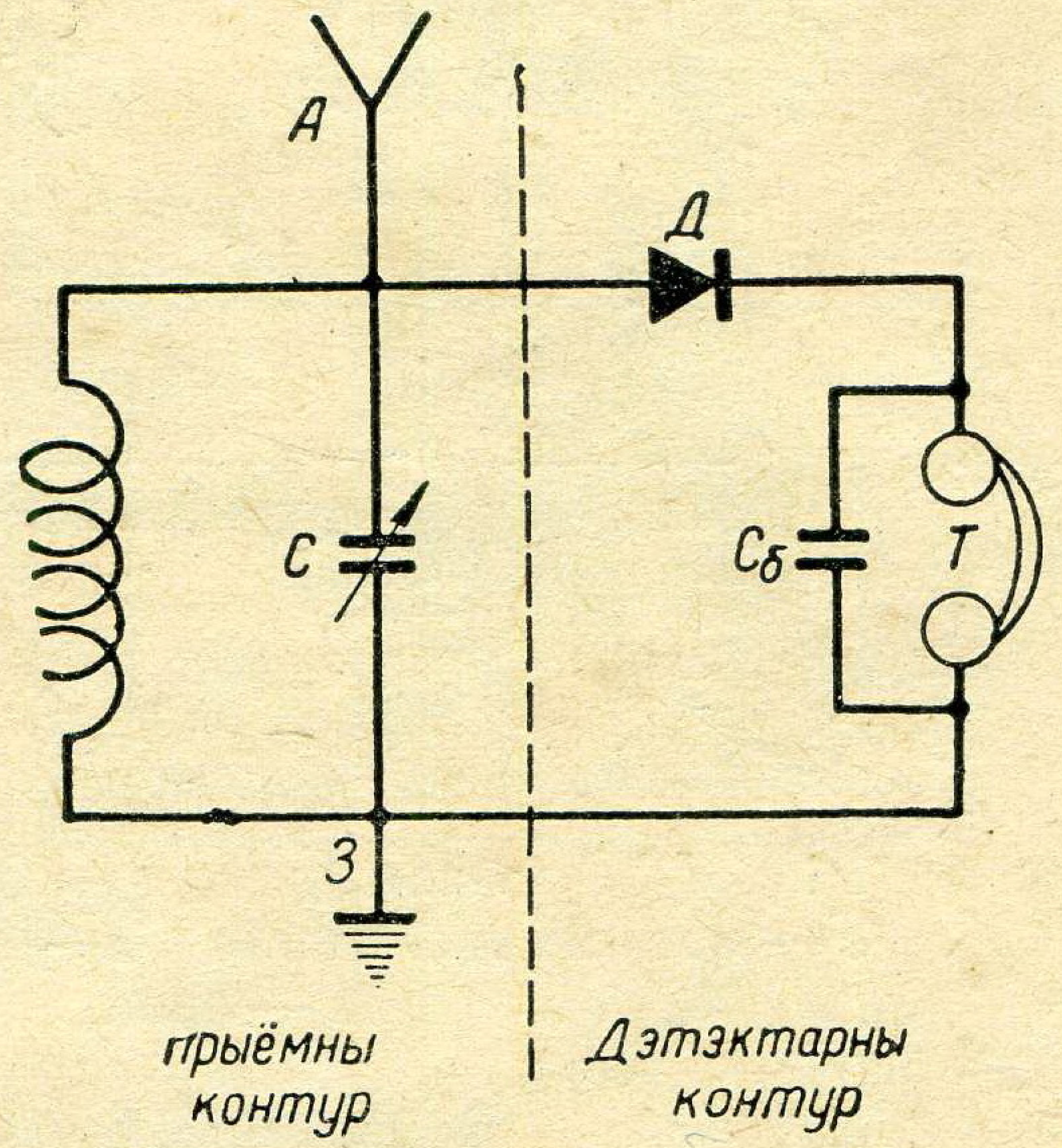
з'яўляюцца небяспечнымі для людзей. Таму, калі прыёмнік не працуе, а асабліва пры набліжэнні навальніцы, антэну трэба зазямляць, г. зн. злучаць з зазямленнем. Для гэтага пры ўводзе ў

памяшканне зніжэння ад антэны і проваду ад зазямлення ўстанаўліваецца «навальнічны пераключальнік» (рыс. 156). Правады, якія злучаюць пераключальнік з радыёпрыёмнікам, умацоўваюцца на фарфоравых роліках.

У навальнічным пераключальніку ёсць іскравы прамежак, прызначаны для адводу ў зямлю зарадаў атмасфернай электрычнасці, якія збіраюцца на антэне пры злучэнні яе з прыёмнікам. Схема падключэння правадоў да навальнічнага пераключальніка прыведзена на рысунку 157.



Рыс. 157. Схема падключэння правадоў да навальнічнага пераключальніка: *1* — провад да зажыма прыёмніка «Антэна», *2* — провад да зажыма прыёмніка «Зямля».



Рыс. 158. Схема дэтэктарнага радыёпрыёмніка

§ 30. ДЭТЭКТАРНЫ РАДЫЁПРЫЁМНІК

Самым простым па будове з'яўляецца дэтэктарны радыёпрыёмнік. Яго прынцыповая схема прыведзена на рысунку 158. Ён складаецца з прыёмнага контуру: катушкі індуктыўнасці L і кандэнсатара пераменнай ёмкасці C. З контурам звязан дэтэктарны ланцуг. У яго ўваходзіць дэтэктар $Д$ і тэлефон T. Да тэлефона паралельна далучан кандэнсатар $C_б$ пастаяннай ёмкасці.

Антэна і зямля падключаны да прыёмнага контуру.

Пад дзеяннем электрамагнітнага поля перадаючых радыёстанцый у антэне ўзбуджаюцца токі высокай частаты. Яны пападаюць у прыёмны контур.

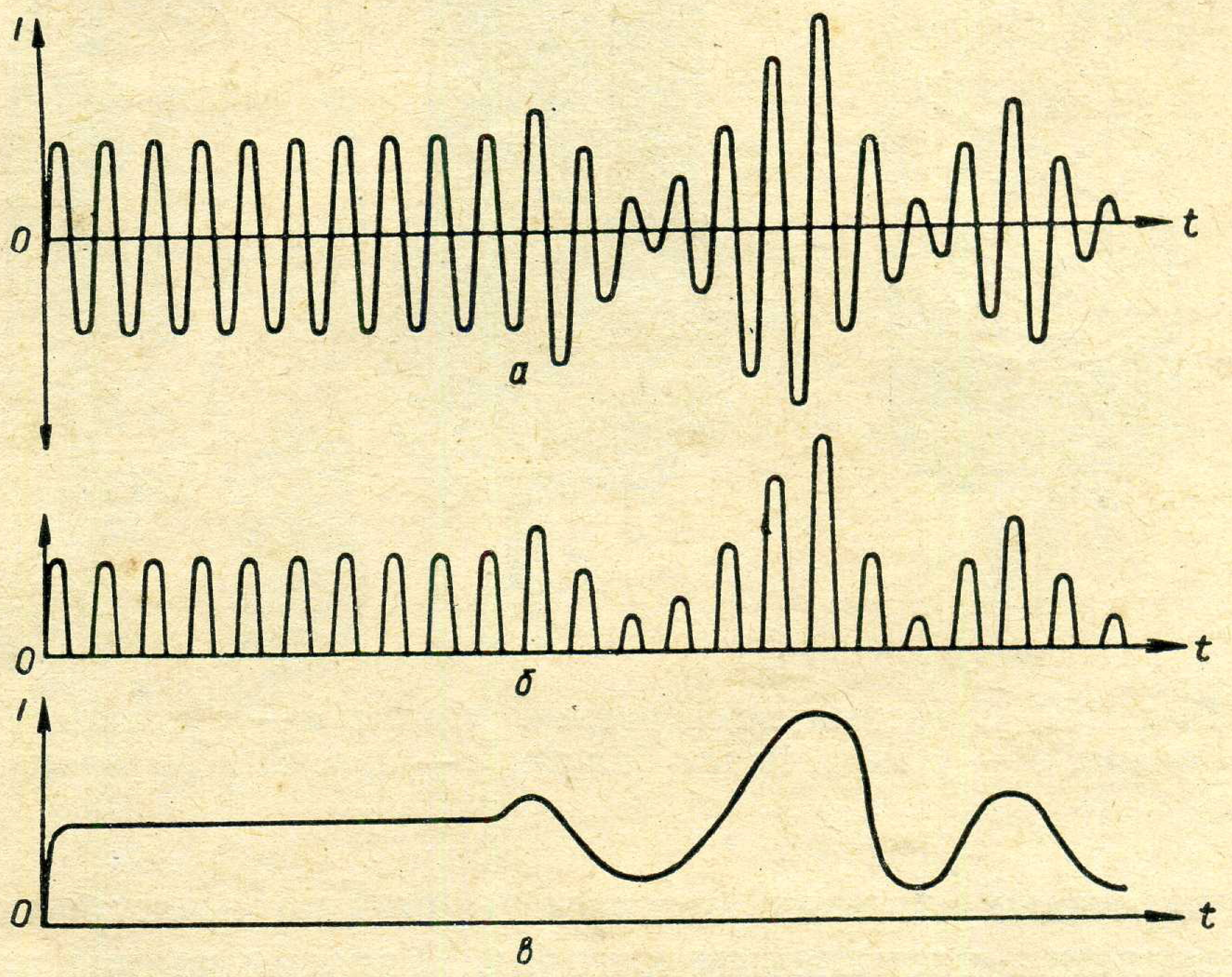
Для вылучэння перадачы адной радыёстанцыі з перадач усіх дзейнічаючых адначасова радыёстанцый прыёмны контур неабходна настроіць у рэзананс на частату патрэбнай радыёстанцыі. Як вядома, частата ваганняў у контуры залежыць ад індуктыўнасці L і ёмкасці C і можа быць падлічана па формуле:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}},$$

дзе L у генры; C у фарадах, тады f у герцах. Настройку ў рэзананс на патрабуемую радыёстанцыю можна рабіць, змяняючы велічыню індуктыўнасці катушкі L або ёмкасці кандэнсатара C.

Пры рэзанансе напружанне сігнала патрабуемай радыёстанцыі, вылучанае на вагальным контуры (рыс. 159), створыць ток у дэтэктарным ланцугу. Дэтэктар мае аднабаковую праводнасць, таму ток у ланцугу будзе праходзіць імпульсамі ў адным напрамку (рыс. 159, *б*).

Пры прыёме мадуляваных ваганняў імпульсы будуць рознымі па велічыні. Гэтыя пульсацыі току ў дэтэктарным ланцугу можна разглядаць як пульсацыі, якія складаюцца з двух складаючых: ваганняў высокай частаты і ваганняў нізкай частаты. Адлучэнне складаючай нізкай частаты ад складаючай высокай частаты адбы-



Рыс. 159. Графікі змяненняў току ў ланцугах дэтэктарнага радыёпрыёмніка: *а* — у вагальным контуры, *б* — пасля дэтэктара, *в* — у тэлефоне.

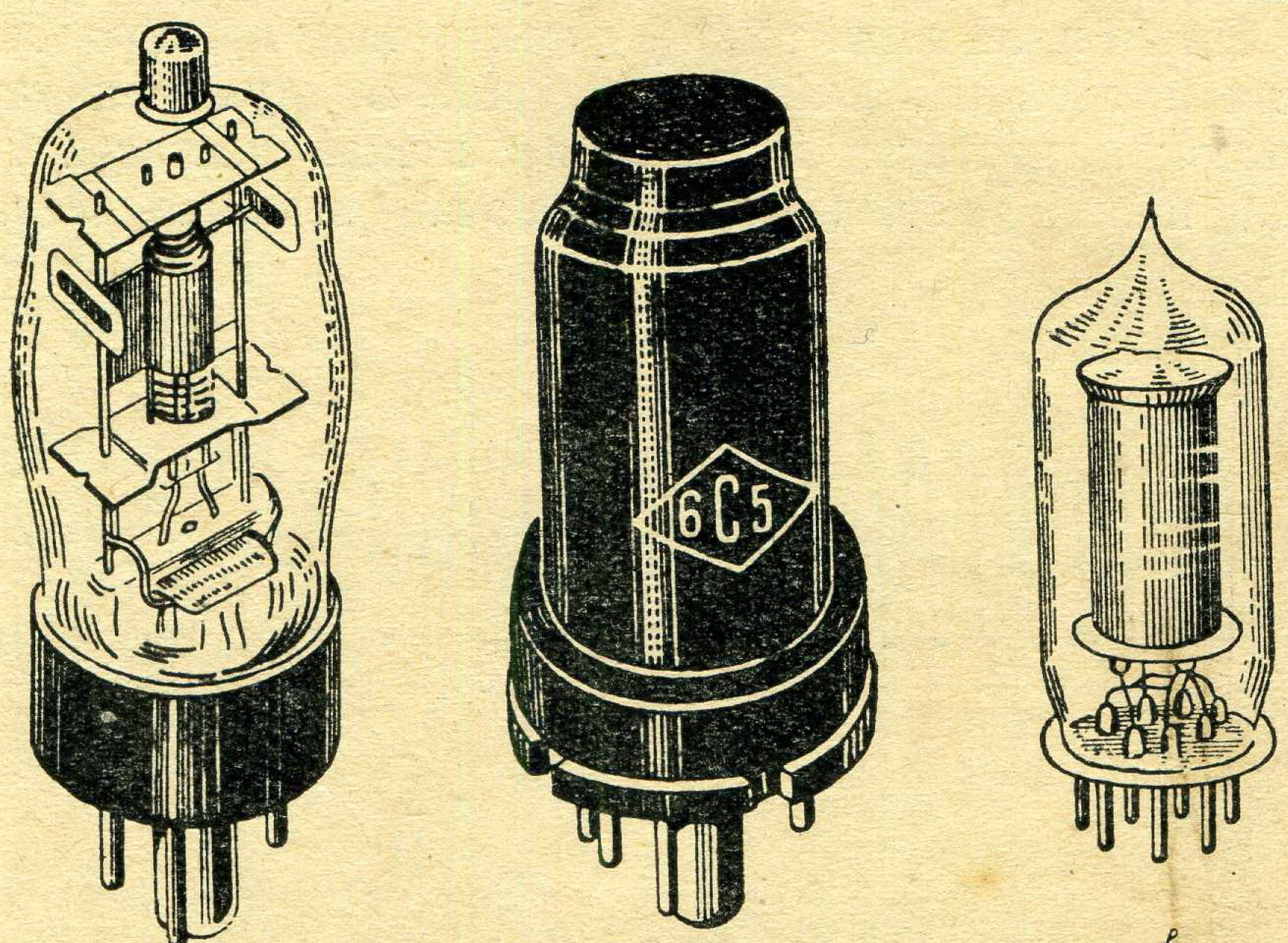
ваецца ў тэлефоне T і блакіровачным кандэнсатары $C_б$. Складаючая току высокай частаты замыкаецца праз блакіровачны кандэнсатар $C_б$, які з'яўляецца для гэтага току невялікім супраціўленнем у параўнанні з вялікім індуктыўным супраціўленнем абмоткі электрамагнітаў тэлефона. Складаючая току нізкай частаты праходзіць па абмотцы электрамагнітаў тэлефона, таму што кандэнсатар $C_б$ з'яўляецца для яе вельмі вялікім супраціўленнем. Пад дзеяннем гэтага току нізкай (гукавой) частаты вагаецца мембрана тэлефона і ўзнаўляе тыя ж гукі, што ўздзейнічалі на мікрафон перадаючай радыёстанцыі.

Работа дэтэктарнага радыёпрыёмніка ажыццяўляецца за кошт энергіі электрамагнітных хваль перадаючых станцый. Гэтыя радыё-

прыёмнікі не патрабуюць крыніц току, але далёкасць прыёму малая.

§ 31. ЭЛЕКТРОННЫЯ ЛЯМПЫ

Сваё развіццё радыётэхніка атрымала пасля з'яўлення электронных лямп, калі стала магчымым стварэнне лямпавых узмацняльнікаў і генератараў.



а б в

Рыс. 160. Сучасныя электронныя лямпы: *а* — у шкляным балоне, *б* — у металічным балоне, *в* — пальчыкавая лямпа.

У электронных лямпах выкарыстоўваецца электронны паток, які спрамяняецца распаленым катодам. Уздзейнічаючы на гэты паток рознымі электрычнымі палямі, можна ажыццявіць выпрамленне, узмацненне, генерыраванне пераменных токаў высокай і нізкай частаты і рад іншых працэсаў.

Электронныя лямпы падраздзяляюцца па колькасці электродаў і па канструктыўнаму афармленню.

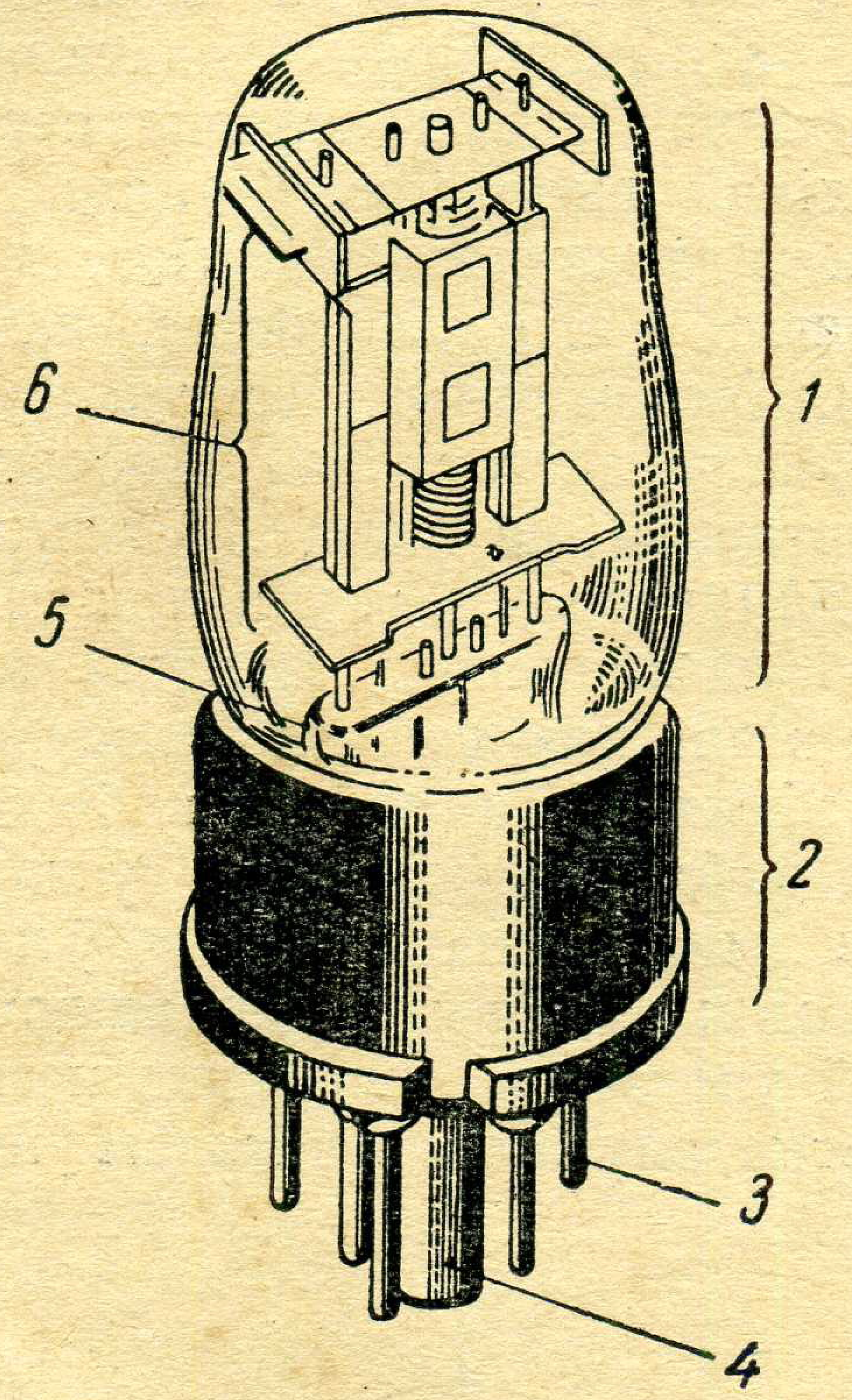
Сучасныя электронныя лямпы (рыс. 160) бываюць у шкляных або металічных балонах і ў залежнасці ад гэтага называюцца шклянымі або металічнымі. Унутры балона створан высокі вакуум да 10^{-8} *мм* ртутнага слупа. Электроды ўмацаваны на шкляной ножцы. Вывады ад іх прапушчаны праз ніжнюю частку лямпы — цокаль (рыс. 161) і прыпаяны да вывадных кантактавых штыркоў. Вывадныя штыркі размешчаны на цокалі сіметрычна па кругу. Часцей ужываецца актальны (васьміштырковы) цокаль, частка штыркоў можа быць пры гэтым пустой або зусім адсутнічаць. Уключаюць лямпу пры дапамозе спецыяльнай лямпавай панелькі. Для таго каб пры ўстаўленні лямпы ў панельку штыркі папалі

ў адпаведныя гнёзды, у цэнтры цокаля ёсць накіроўваючы ключ, а ў панельцы адпаведная адтуліна (рыс. 162).

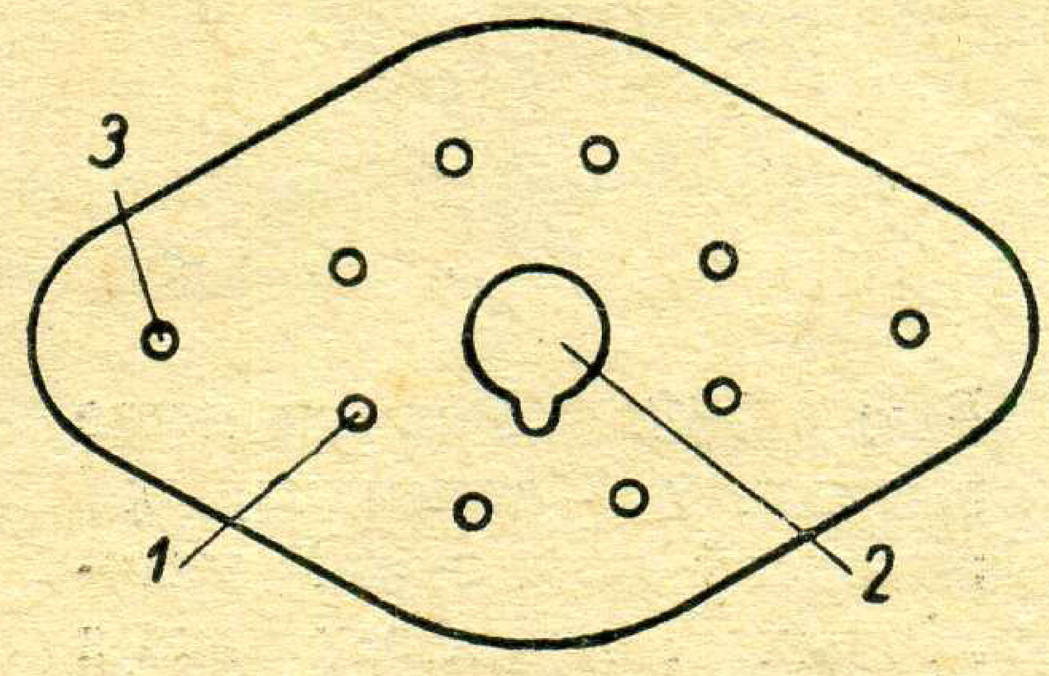
Акрамя электронных лямп нармальнага размеру, у цяперашні час ужываюцца лямпы паменшаных размераў — пальчыкавыя (рыс. 160, *в*). У іх няма цокаля. Вывады прапушчаны праз ніжнюю шкляную аснову. Размяшчэнне вывадных штыркоў на цокалі лямп паказана на рысунку 163.

Электронныя лямпы адрозніваюць таксама і па будове катода. Калі ніць напалу з'яўляецца катодам, то такія лямпы называюцца лямпамі прамога напалу. У другога тыпу лямп катод, што спрамяняе электроны, ізаляван ад ніці напалу, якая служыць толькі для разагрэву катода, а ў стварэнні электроннага патоку не ўдзельнічае. Такія лямпы называюць лямпамі з ускосным напалам (або з падагрэўным катодам).

Найбольш простымі па будове з'яўляюцца дзвюхэлектродныя лямпы (дыёды і кенатроны) і трохэлектродныя лямпы — трыё-



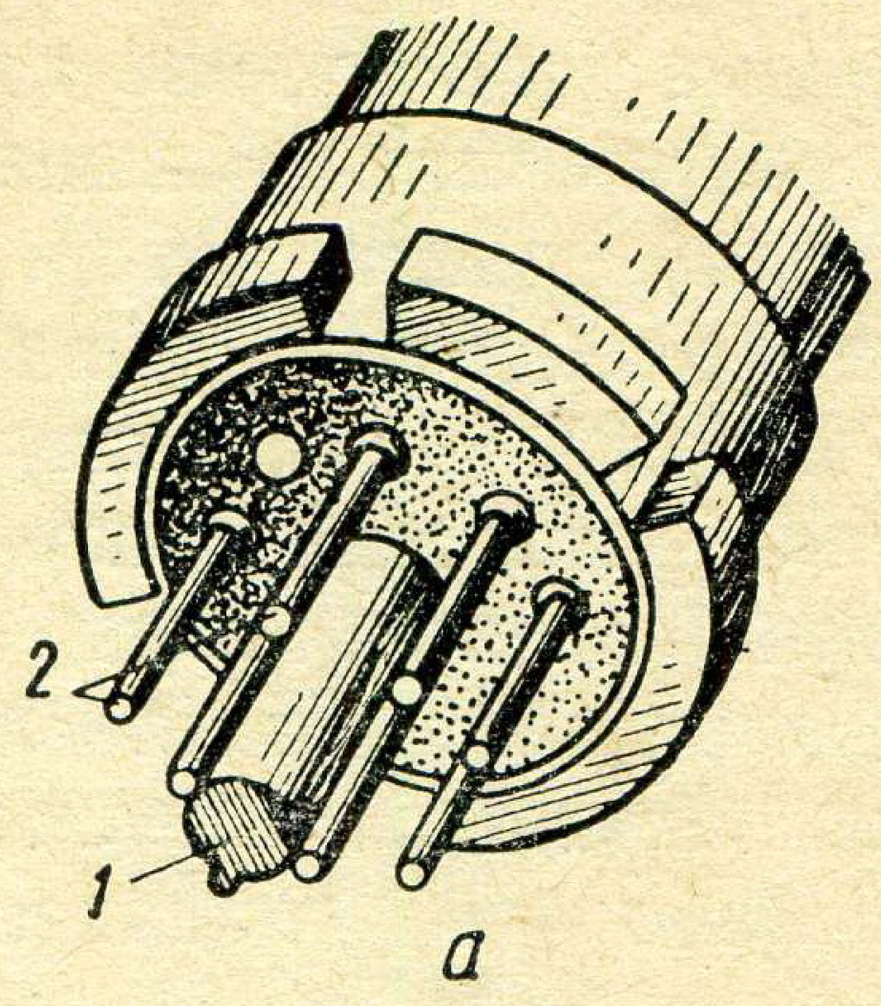
Рыс. 161. Дэталі электроннай лямпы: *1* — балон, *2* — цокаль, *3* — вывадны кантактавы штырок, *4* — накіроўваючы ключ, *5* — шкляная ножка, *6* — электроды.

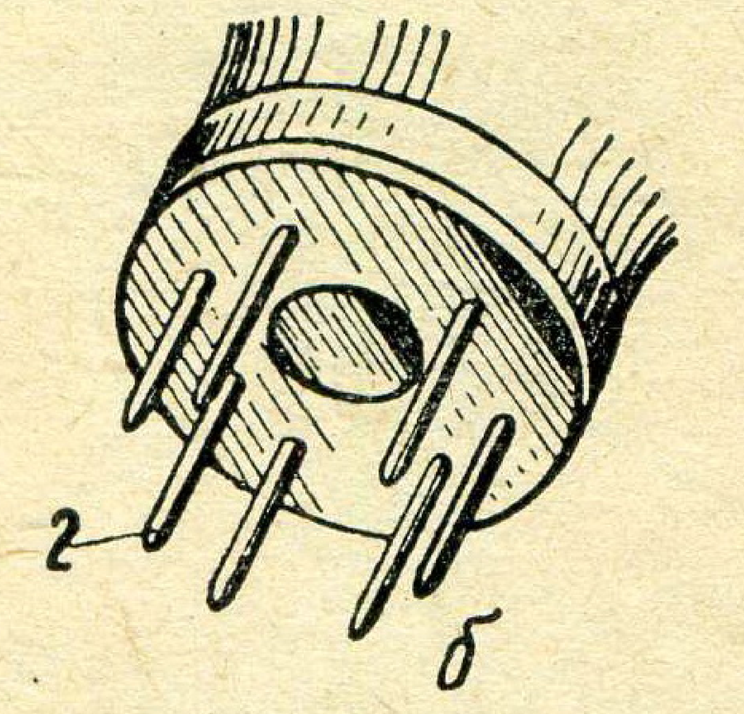


Рыс. 162. Панелька электроннай лямпы ў схеме прыбора: *1* — гнёзды пад кантактавыя штыркі, *2* — адтуліна для накіроўваючага ключа, *3* — адтуліны для крапежных болцікаў.

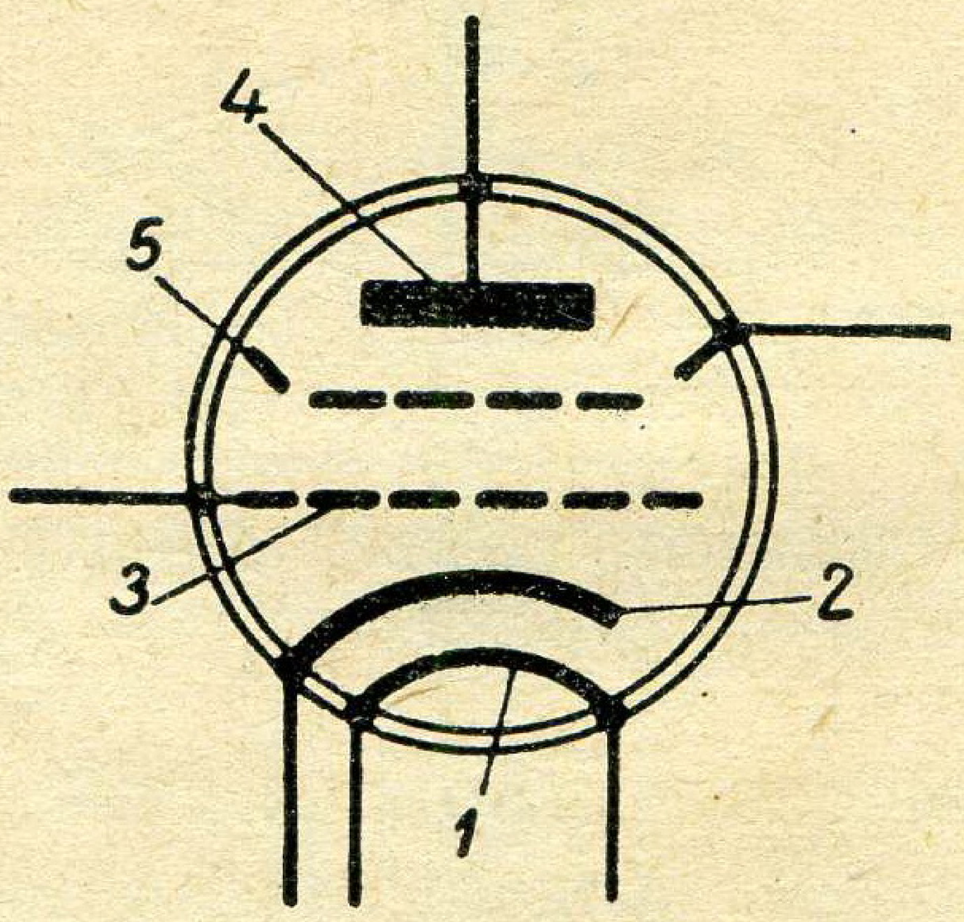
ды. Дзвюхэлектродныя лямпы ўладаюць аднабаковай праводнасцю і ўжываюцца для выпрамлення токаў нізкай і высокай частаты (выпрамляльнікі і дэтэктары). Увядзенне ў лямпу трэцяга электрода ўпраўляючай сеткі (паміж катодам і анодам) дазволіла атрымаць трыёды, якія ўладаюць узмацняльнымі ўласцівасцямі і таму выкарыстоўваюцца для ўзмацнення ваганняў і для атрымання (генерыравання) ваганняў высокай частаты. Пры выкарыстанні трыёдаў у ланцугах высокай частаты быў выяўлен недахоп — на рабоце лямпы шкодна адбіваецца ёмкасць, якая існуе паміж анодам і кіруючай сеткай. Для ўстаранення гэтага недахопу ў лямпу ўвялі дадатковую экранную сетку, змясціўшы яе паміж кірую-

чай сеткай і анодам. Такая лямпа называецца чатырохэлектроднай (экранаванай) лямпай — тэтродам (рыс. 164). Паколькі ў тэтрода-экранная сетка даволі густая і размешчана паміж анодам і ўпраўляючай сеткай, то шкоднае дзеянне анода на кіруючую сетку зменшана і тым лепшае ўзмацняльнае дзеянне лямпы. Таму тэтрод лепшы за трыёд па ўзмацняльных уласцівасцях. Аднак тэтрод мае вялікі недахоп. На экранную сетку тэтрода падаюць дадатнае напружанне велічынёй 0,5—0,7 ад аноднага напружання. Таму электроны, падлятаючы да экраннай сеткі, атрымліваюць дадатковае паскарэнне і, пралятаючы сетку з вялікай скорасцю, ляцяць да анода. Ударваючыся аб анод, яны выбіваюць з яго электроны, называемыя ўтарычнымі. Частка з іх, якая ўладае дастатковай скорасцю, не вяртаецца на анод і пападае на экрануючую сетку, з прычыны чаго і памяншаецца анодны ток. Гэтая з'ява называецца дынатронным эфектам і адмоўна адбіваецца на рабоце лямпы. Для ўстарання дынатроннага эфекту ў лямпу паміж анодам і экрануючай сеткай уводзіцца яшчэ адна негустая сетка, злучаная з катодам унутры або звонку. Гэтая сетка называецца антыдынатроннай і, уладаючы адмоўным патэнцыялам адносна анода, адштурхвае ўтарычныя электроны назад на анод. Такая лямпа (рыс. 165) называецца пяціэлектроднай або пентодам.





Рыс. 163. Размяшчэнне вывадных кантактавых штыркоў на цокалі металічных і шкляных лямп (*а*) і пальчыкавых (*б*): *1* — накіроўваючы ключ, *2* — вывадныя кантактавыя штыркі.

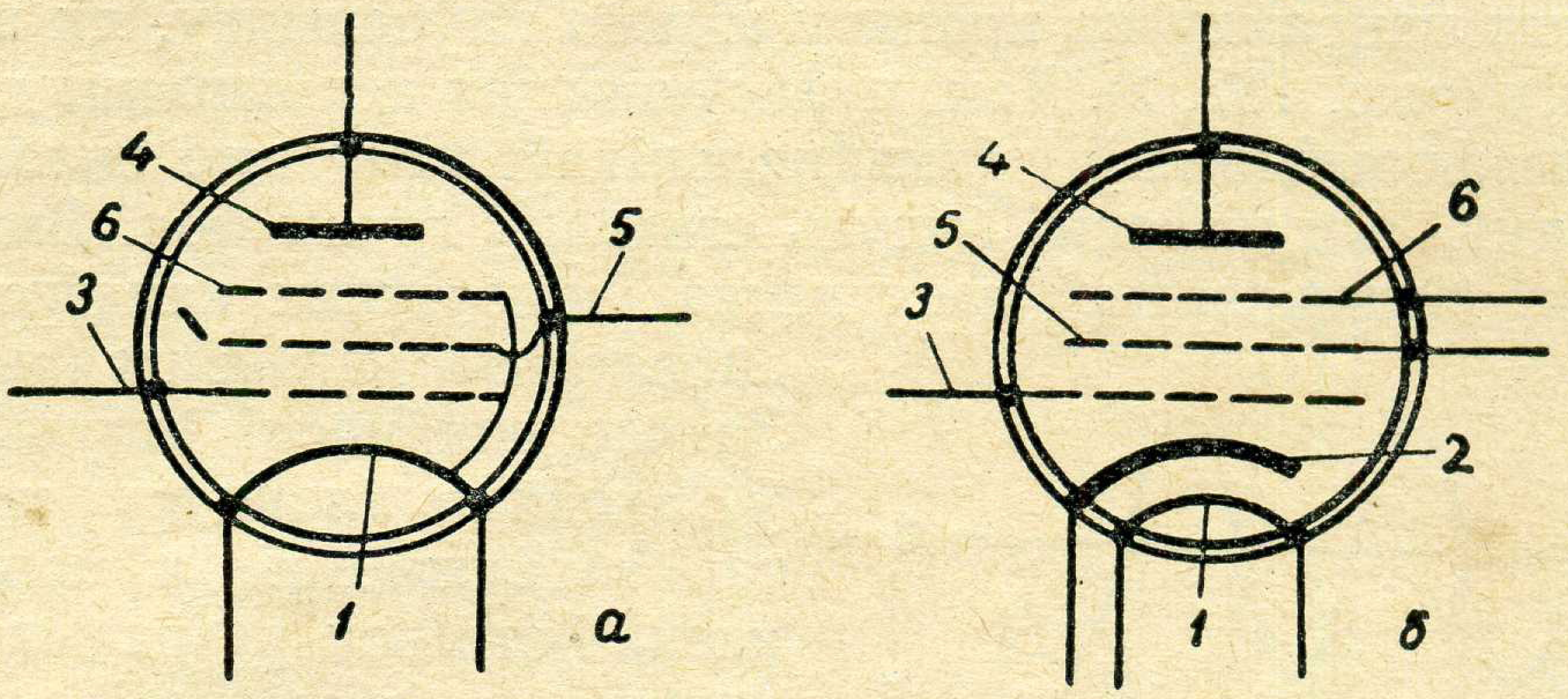


Рыс. 164. Схема чатырохэлектроднай лямпы: *1* — ніць напалу, *2* — катод, *3* — кіруючая сетка, *4* — анод, *5* — экранная сетка.

Пентоды ўладаюць вельмі добрымі ўзмацняльнымі ўласцівасцямі і шырока выкарыстоўваюцца для ўзмацнення высокіх і нізкіх частот. Дынатронны эфект яшчэ ўстараняюць спецыяльнай канструкцыяй у тэтродзе віткоў

сетак, якія фарміруюць электронныя праменні, што вяртаюць утарычныя электроны на анод.

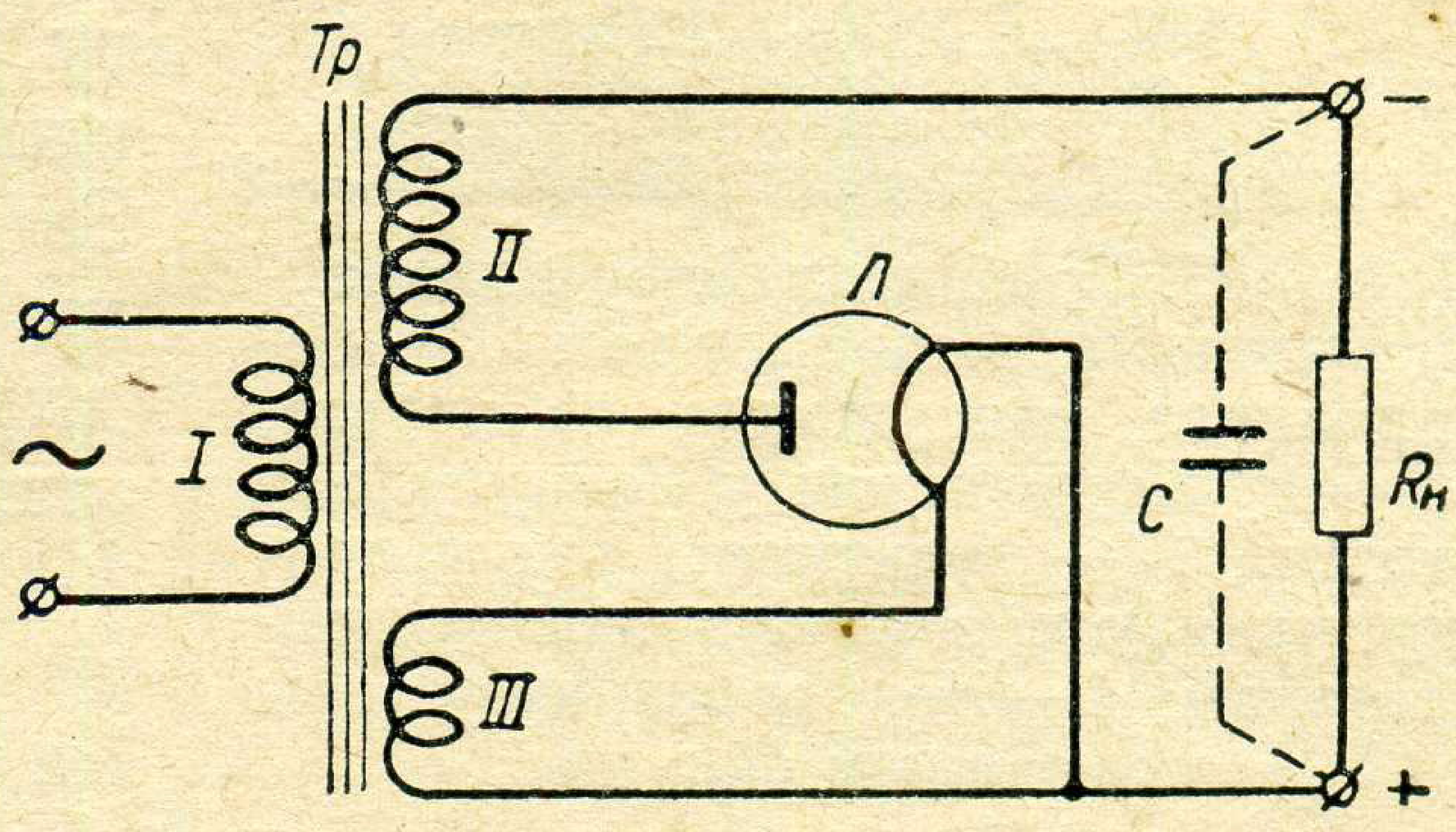
Гэтыя лямпы атрымалі назву праменевых тэтродаў.



Рыс. 165. Схема пяціэлектроднай лямпы — пентода: *а* — прамога напалу, *б* — падагрэўнага; *1* — ніць напалу, *2* — катод, *3* — кіруючая сетка, *4* — анод, *5* — экранная сетка, *6* — антыдынатронная сетка.

§ 32. КЕНАТРОННЫЯ ВЫПРАМЛЯЛЬНІКІ

Для пераўтварэння пераменнага току ў пастаянны ток у радыётэхніцы шырока выкарыстоўваюцца дзвюхэлектродныя лямпы—кенатроны. Яны ўключаюцца па аднапаўперыяднай або дзвюхпаўперыяднай схемах. Звычайна пры выпрамленні прыходзіцца змяняць напружанне, таму ў выпрамляльных будовах, акрамя кенатрона, ужываюцца сілавыя трансфарматары.

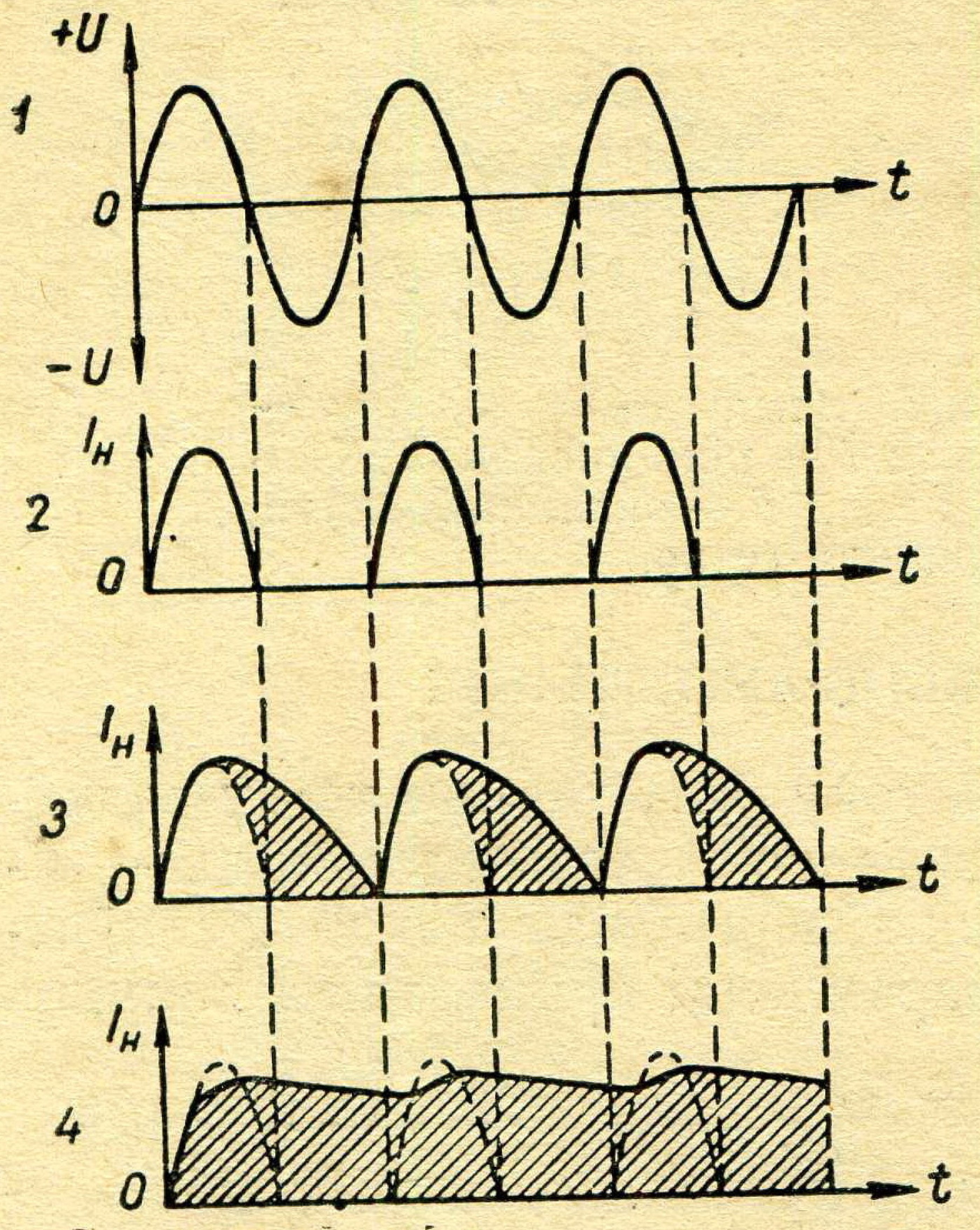


Рыс. 166. Схема аднапаўперыяднага выпрамлення.

Аднапаўперыядная схема выпрамлення паказана на рысунку 166. У схеме ўжыты трансфарматар *Тр*, які мае тры абмоткі. Пярвічная абмотка I прызначана для ўключэння ў сетку пераменнага току. Утарычных абмотак у трансфарматары дзве: адна з малым лікам віткоў III; другая — абмотка II мае вялікі лік віткоў і з'яўляецца павышаючай.

Пры ўключэнні пярвічнай абмоткі ў сетку пераменнага току ва ўтарычных абмотках індукціруецца э. р. с. і, калі ланцуг замкнут, узнікае ток. Ток, які ўзнікае ў ланцугу III абмоткі, жывіць ніць напалу кенатрона. Э. р. с. павышаючай абмоткі II падаецца на анод кенатрона і на супраціўленне нагрузкі. На працягу першага паўперыяду да анода будзе прыкладзен + гэтай э. р. с., пры гэтым ток у анодным ланцугу пойдзе праз кенатрон, супраціўленне нагрузкі і абмотку II трансфарматара.

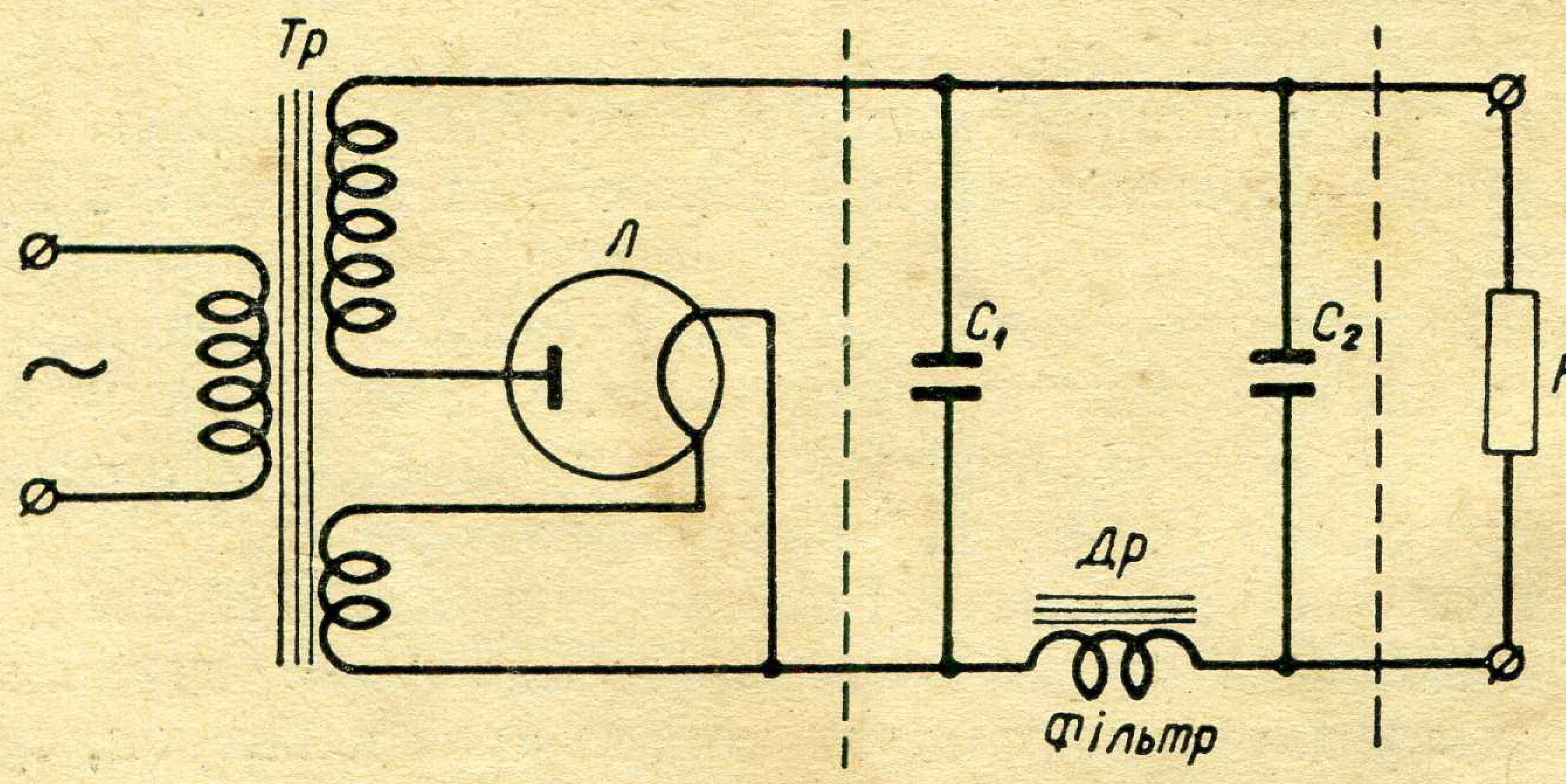
За час другога паўперыяду да анода будзе прыкладзен — э.р.с., і току ў ланцугу не будзе з прычыны аднабаковай праводнасці кенатрона. Значыць, цераз нагрузку ток будзе праходзіць імпульсамі аднаго напрамку на працягу аднаго паўперыяду, як паказана на графіку (рыс. 167, *2*). Такі пульсуючы ток непрыгодны для жыўлення радыёпрыёмнікаў і ўзмацняльнікаў, таму што палавіна сігналу знікне, а пульсацыі будуць ствараць гучны фон. Змяншэнне пульсацыі (згладжванне) дасягаецца ўключэннем кандэнсатара *C* паралельна нагрузцы (рыс. 166). За час наяўнасці імпульсу току ў анодным ланцугу кандэнсатар зараджаецца, а пры адсутнасці імпульсу разраджаецца на нагрузку, падтрымліваючы ток у яе ланцугу.



Рыс. 167. Графікі працэсу аднапаўперыяднага выпрамлення: *1* — пераменнае напружанне на анодзе, *2* — пульсуючы ток у ланцугу нагрузкі, *3* — пульсуючы ток у ланцугу нагрузкі з уключаным кандэнсатарам, *4* — ток у ланцугу пры ўключаным фільтры.

Для лепшага згладжвання пульсацый паслядоўна з нагрузкай уключаецца катушка з жалезным сардэчнікам, якая ўладае вялікай індуктыўнасцю. Яе называюць дроселем. З прычыны вялікай індуктыўнасці дросель уладае ўласцівасцю перашкаджаць нарастанню і ўбыванню току ў ланцугу і таму садзейнічае яшчэ большаму згладжванню пульсацый. За дроселем паралельна нагрузцы ўключаецца яшчэ адзін кандэнсатар (рыс. 168), які мае такое ж прызначэнне, як і першы.

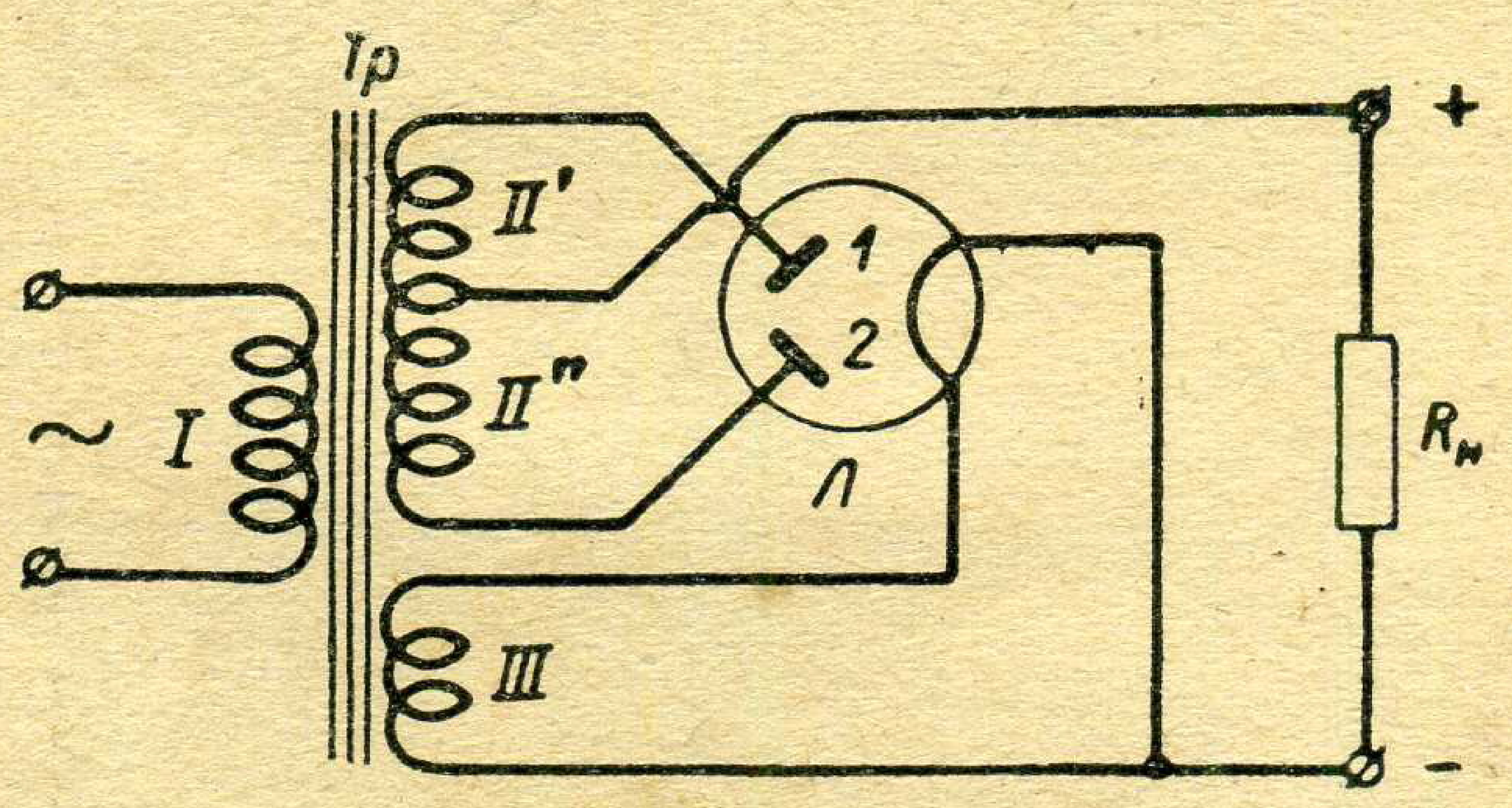
Дросель *Др* з кандэнсатарамі C_1 і C_2, уключанымі па схеме, дадзенай на рысунку 168, называецца ф і л ь т р а м. У схеме ажыццяўляецца аднапаўперыяднае кенатроннае выпрамленне (з фільтрам).



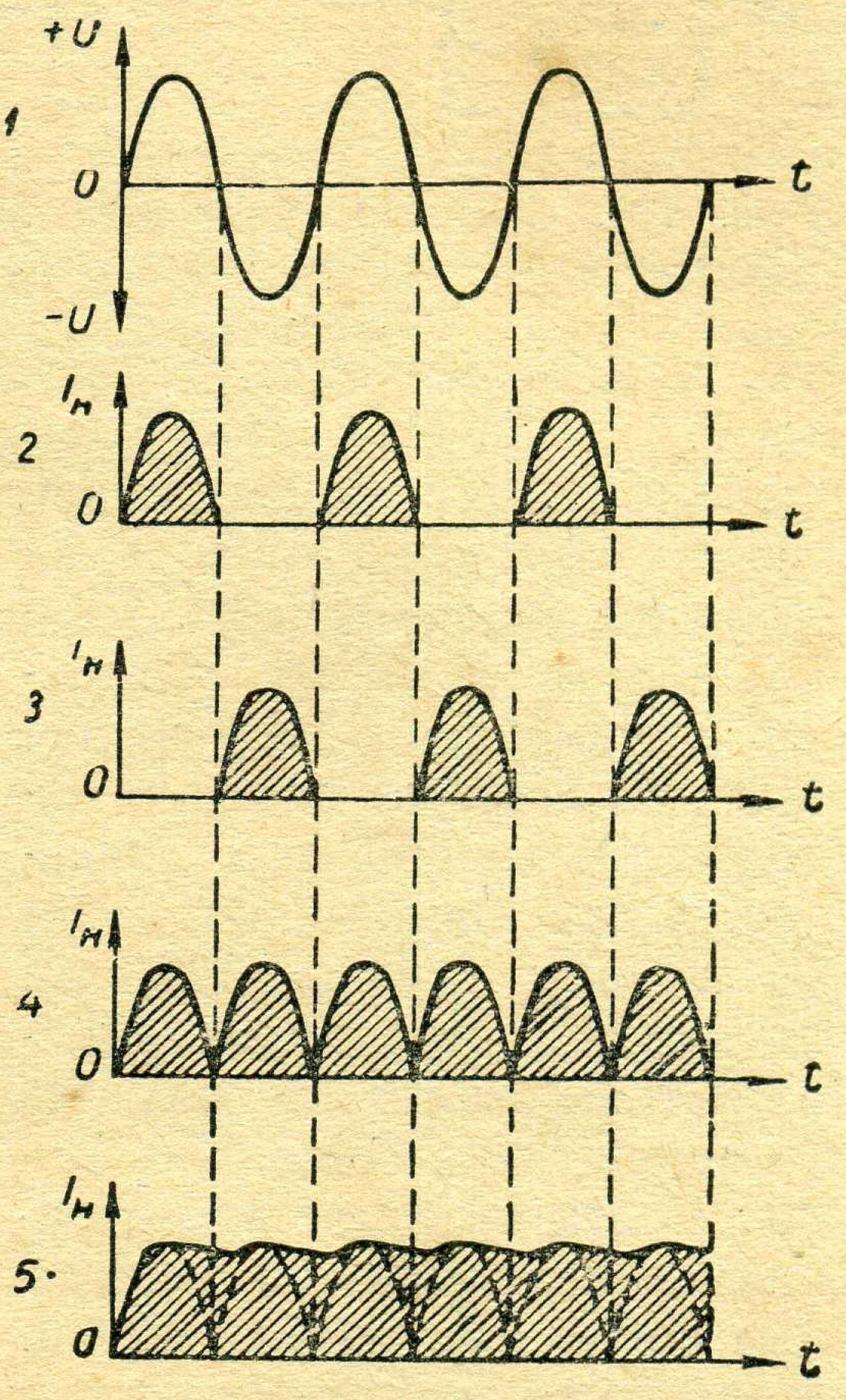
Рыс. 168. Схема аднапаўперыяднага выпрамляльніка з фільтрам.

Дзвюхпаўперыядная схема выпрамляльніка (рыс. 169) адрозніваецца ад аднапаўперыяднай схемы тым, што ў ёй ужыты двуханодны кенатрон, а ўтарычная абмотка трансфарматара мае вывад ад сярэдзіны. Калі на верхнім канцы абмоткі індукціраваная э. р. с. будзе дадатнай, то на ніжнім канцы яна адмоўная. Пры гэтым ток пройдзе цераз анод *1*, на катод і цераз нагрузку $R_н$ вернецца да сярэдзіны ўтарычнай абмоткі, г. зн. на працягу першага паўперыяду будзе працаваць адна палавіна ўтарычнай абмоткі (II′). За час другога паўперыяду палярнасць зменіцца. На ніжні анод *2* будзе пададзена дадатная э. р. с., на верхні — адмоўная. Ток пройдзе цераз анод *2*, на катод, далей цераз нагрузку $R_н$ і вернецца да сярэдзіны ўтарычнай абмоткі. Цяпер будзе працаваць другая палавіна абмоткі (II″). Значыць, цераз нагрузку будуць праходзіць імпульсы току за час абодвух паўперыядаў, (рыс. 170, *4*). Калі ўключыць на выхадзе фільтр, то згладжванне будзе лепшае, чым у схеме аднапаўперыяднага выпрамлення (рыс. 170, *5*).

Для атрымання аднолькавага напружання пры выпрамленні ўтарычная абмотка павінна быць у два разы большая па колькасці віткоў, чым у схеме аднапаўперыяднага выпрамлення.



Рыс. 169. Схема двухпаўперыяднага выпрамлення.



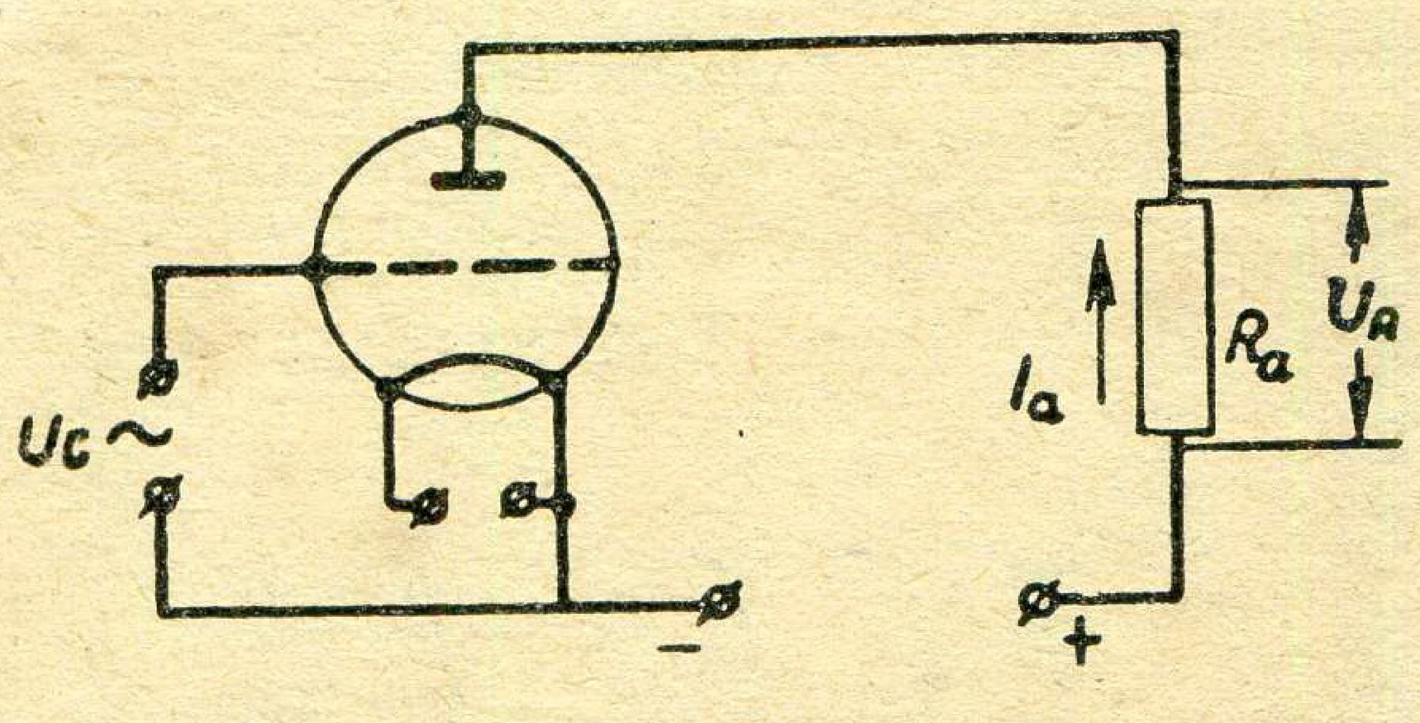
Рыс. 170. Графік працэсу двухпаўперыяднага выпрамлення: *1* — змяненне напружання, пададзенага на анод лямпы, *2* — ток цераз першы анод, *3* — ток цераз другі анод, *4* — пульсуючы ток у ланцугу нагрузкі, *5* — ток цераз нагрузку пры ўключаным фільтры.

§ 33. УЗМАЦНЯЛЬНІК НІЗКАЙ ЧАСТАТЫ

Трыёд шырока выкарыстоўваецца для ўзмацнення напружанняў нізкай і высокай частаты[1]. Разгледзім прымяненне трыёда ва ўзмац-

[1] Ва ўзмацняльніках высокай частаты лепшыя рэзультаты даюць пентоды, якія і атрымалі там шырокае прымяненне

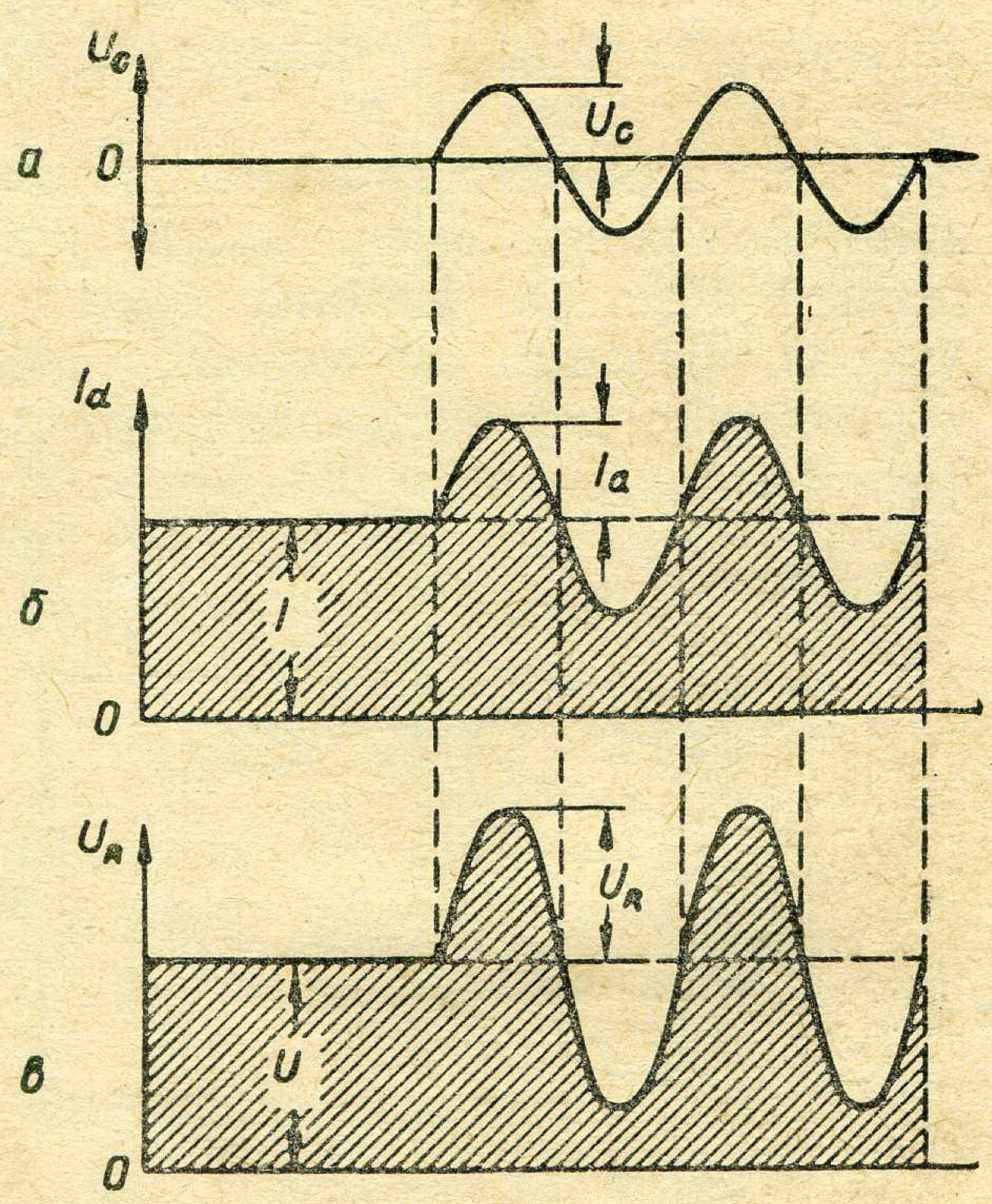
няльніках нізкай частаты. Найпрасцейшая схема такога ўзмацняльніка паказана на рысунку 171. Да кіруючай сеткі трыёда падводзіцца пераменнае напружанне, змяненні якога неабходна ўзмацніць. У анодны ланцуг уключаецца нагрузка, умоўна паказаная як супраціўленне R_a. З нагрузкі можна атрымаць узмоцненае напружанне. (Калі напружанне хочуць яшчэ ўзмацніць, то яго знімаюць з анода лямпы і падаюць на сетку наступнай лямпы.)



Рыс. 171. Схема ўзмацняльніка нізкай частаты з трохэлектроднай электроннай лямпай.

Трыёд з нагрузкай, дзе адбываецца ўзмацненне, называюць узмацняльным каскадам.

Пры ўключаных крыніцах жыўлення, калі на сетку яшчэ не падае пераменнае напружанне, у анодным ланцугу ўстанаўліваецца нязменны анодны ток (рыс. 172, *б*). На супраціўленні нагрузкі ўзнікае страта напружання U (рыс. 172, *в*), пастаянная па велічыні і напрамку. У анодны ланцуг пададзена энергія ад крыніцы аноднага току. Калі на кіруючую сетку падаецца пераменнае напружанне (рыс. 172, *а*), то пры яго павелічэнні анодны ток узрастае, а пры памяншэнні — памяншаецца (рыс. 172, *б*). Узнікаюць пульсацыі аноднага току, якія паўтараюць змяненне напружання на сетцы, у выніку будзе пульсіраваць напружанне на нагрузцы: $U_R = I_a R_a$ (рыс. 172, *в*). Калі велічыня нагрузачнага супраціўлення R_a будзе дастаткова вялікай, то амплітуда пераменнага напружання на ім (абазначаная U_R) будзе значна больш за амплітуду напружання, падведзенага да кіруючай сеткі лямпы. Гэтая адносіна характарызуе ўзмацняльнае дзеянне каскаду і называецца каэфіцыентам узмацнення каскаду K.



Рыс. 172. Графікі працэсу ўзмацнення: *а* — пераменнае напружанне на кіруючай сетцы, *б* — ток у анодным ланцугу, *в* — напружанне на супраціўленні, якое ўключана ў анодны ланцуг.

Разгледзім лікавы прыклад. На сетку пададзена пераменнае напружанне з амплітудай $U_c = 0{,}5$ *в*. Пад дзеяннем гэтага напружання з'явіліся пульсацыі аноднага току з амплітудай $I_a = 1$ *ма*.

Пры велічыні нагрузачнага супраціўлення $R_a = 10\,000$ *ом* амплітуда напружання U_R будзе:

$$U_R = I_a \cdot R_a = 0{,}001 \cdot 10000 = 10 в,$$

значыць, узмацненне атрымалася ў 20 разоў:

$$K = \frac{U_R}{U_c} = \frac{10}{0{,}5} = 20.$$

Энергія для ўзмацнення была атрымана ад крыніцы жыўлення, затраты ж энергіі кіруючага напружання нязначныя.

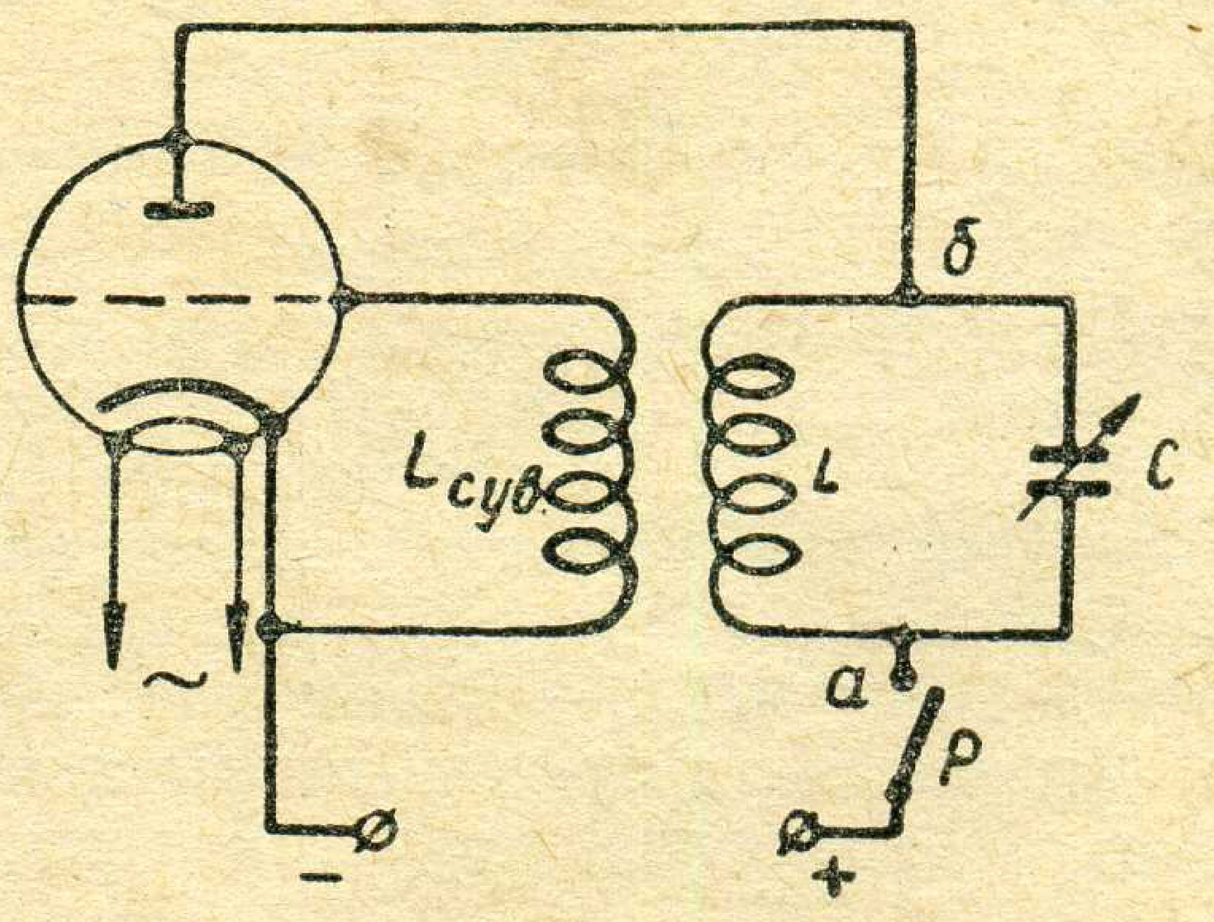
§ 34. ЛЯМПАВЫ ГЕНЕРАТАР З САМАЎЗБУДЖЭННЕМ

У сучаснай радыётэхніцы электронныя лямпы маюць шырокае прымяненне ў лямпавых генератарах, прызначаных для атрымання ваганняў высокай частаты.

Лямпавы генератар складаецца з вагальнага контуру, элементаў сувязі і электроннай лямпы. Для работы генератара неабходны крыніцы жыўлення.

Вагальны контур прызначан для стварэння электрамагнітных ваганняў. Энергія ў контур падаецца ад аноднай крыніцы жыўлення. Электронная лямпа кіруе падачай энергіі ў контур і падтрымлівае ваганні ў контуры.

Найпрасцейшая схема лямпавага генератара паказана на рысунку 173. Генератарнай лямпай служыць трыёд, у анодны ланцуг якога ўключан вагальны контур, што складаецца з індуктыўнасці L і ёмкасці C. Для таго каб узнікаючыя ў контуры электрычныя ваганні былі б незатухаючымі, ужыта катушка адваротнай сувязі $L_{сув.}$, уключаная ў ланцуг кіруючай сеткі лямпы. Яна індуктыўна звязана з катушкай вагальнага контуру L.



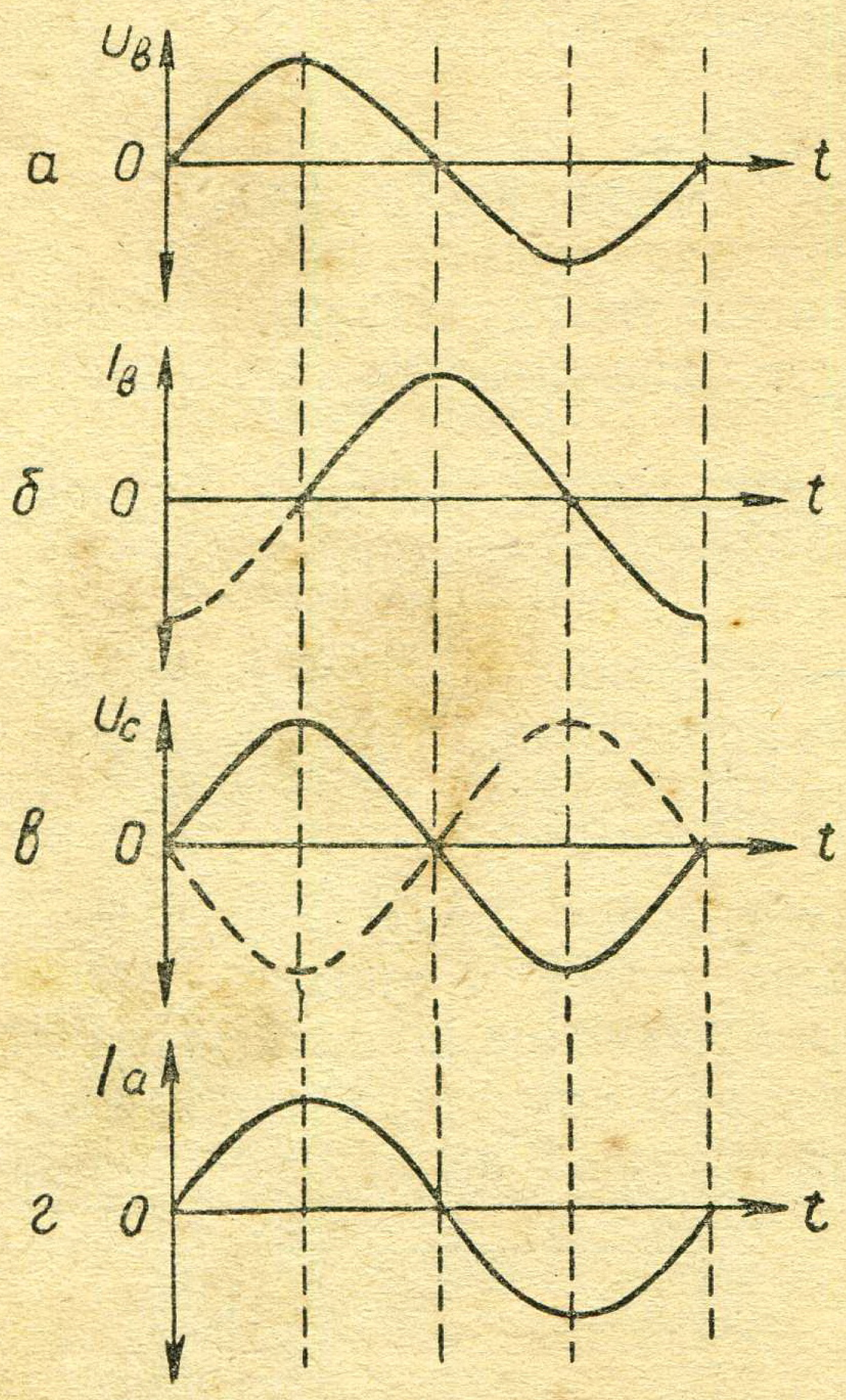
Рыс. 173. Схема лямпавага генератара з трыёдам.

Разгледзім працэс работы лямпавага генератара з самаўзбуджэннем. Калі ўключыць анодное напружанне пры нагрэтым катодзе, то праз лямпу пойдзе ток і амаль усё напружанне крыніцы будзе прыкладзена да кандэнсатара C контуру і індуктыўнасці L. Кандэнсатар C зарадзіцца, і калі анодны ток прыме ўстойлівае значэнне, у контуры ўзнікнуць уласныя ваганні з частатой, вызначаемай велічынямі L і C. Змяненне напружання на кандэнсатары і току ў контуры дадзены на рысунку 174, *а* і *б*, яны зрушаны па фазе на 90°, г. зн. ток максімальны, калі напружанне максімальнае. Гэтыя ваганні будуць затухаць. Каб падтрымаць ваганні і зрабіць

іх незатухаючымі, ужыта катушка адваротнай сувязі $L_{сув.}$, электрычна звязаная з індуктыўнасцю контуру L.

Вагальны ток $I_в$, праходзячы па катушцы контуру, індукціруе э. р. с. у катушцы адваротнай сувязі $L_{сув}$.

Найбольшае значэнне індукціраваная э. р. с. мае ў момант рэзкіх змяненняў току тады, калі вагальны ток праходзіць праз нулявое значэнне. Пад дзеяннем гэтай э. р. с. на сетцы лямпы ствараецца пераменнае напружанне $U_с$, яно змяняецца гэтак жа, як змяняецца э. р. с. у катушцы $L_{сув.}$ (рыс. 174, *в*).



Рыс. 174. Графікі працэсаў, якія адбываюцца ў лямпавым генератары: *а* — пераменнае напружанне на абкладках кандэнсатара вагальнага контуру, *б* — вагальны ток у контуры, *в* — пераменнае напружанне на кіруючай сетцы лямпы, *г* — ваганне анoднага току.

Змяненне напружання на сетцы выклікае ваганні анoднага току (рыс. 174, *г*). Дадатны паўперыяд сетачнага напружання $U_с$ створыць павелічэнне анoднага току $I_а$ і напружання на контуры, падзараджаючы кандэнсатар C. Дзякуючы гэтаму кампенсуюцца страты энергіі ў контуры і ваганні ў контуры будуць незатухаючымі. Для атрымання незатухаючых ваганняў павінны быць выкананы ўмовы самаўзбуджэння. Адваротная сувязь праз катушку $L_{сув.}$ павінна мець дастатковую велічыню (г. зн. катушкі павінны знаходзіцца дастаткова блізка). Павінна быць выканана правільная суадносіна фаз ваганняў, што дасягаецца адпаведным уключэннем канцоў катушкі $L_{сув}$. На практыцы пры адсутнасці ўзбуджэння генератара пераключаюць канцы катушкі адваротнай сувязі. Калі канцы катушкі ўключаны наадварот (рыс. 174, графік *в*, пункцірная крывая), то ваганні анoднага току будуць прыглушацца і генератар не будзе генерыраваць.

§ 35. ПРАКТЫЧНЫЯ РАБОТЫ ПА РАДЫЁСУВЯЗІ

Работа 23. Зборка і выпрабаванне дэтэктарнага радыёпрыёмніка

Мэта работы. Вывучыць будову дэталей дэтэктарнага радыёпрыёмніка. Сабраць з гатовых дэталей дэтэктарны радыёпрыёмнік і выпрабаваць яго ў рабоце.

Прыборы, абсталяванне і інструменты: 1) катушка індуктыўнасці з вывадамі, 2) кандэнсатар пераменнай ёмкасці (ад 18 да 500 *пф*), 3) панелька з гнёздамі для дэтэктара, 4) дэтэктар крышталічны, 5) панелька з гнёздамі для тэлефона, 6) блакіровачны кандэнсатар ёмкасцю 1 200—1 500 *пф*, 7) тэлефоны электрамагнітныя высокаомныя, 8) пласкагубцы, адвёртка, паяльнік, 9) злучальныя правады, 10) антэна і зазямленне.

Тэарэтычныя звесткі

Дэтэктарны радыёпрыёмнік разлічан на прыём радыёстанцый, якія працуюць у дыяпазоне даўжынь хваль ад 200 да 2000 *м*, што адпавядае частотам ад 1500 да 150 *кгц*. Залежнасць паміж даўжынёй хвалі і частатой току выражаецца формулай:

$$\lambda = \frac{c}{f},$$

дзе λ — даўжыня хвалі ў *м*, c — скорасць распаўсюджання электрамагнітных хваль, выражаная ў *м/сек* (300 000 000 *м/сек*), f — частата току ў *гц*.

Карыстаючыся гэтай формулай, можна знайсці любое значэнне частаты дыяпазону ў залежнасці ад вядомай даўжыні хвалі.

Дэтэктарны радыёпрыёмнік, як і ўсякі іншы, характарызуецца двума асноўнымі паказчыкамі: адчувальнасцю і выбіральнасцю.

Адчувальнасць — гэта здольнасць прыёмніка прымаць слабыя сігналы. Чым вышэй адчувальнасць радыёпрыёмніка, тым больш слабыя сігналы ён прымае і, значыць, можа прымаць большую колькасць радыёстанцый.

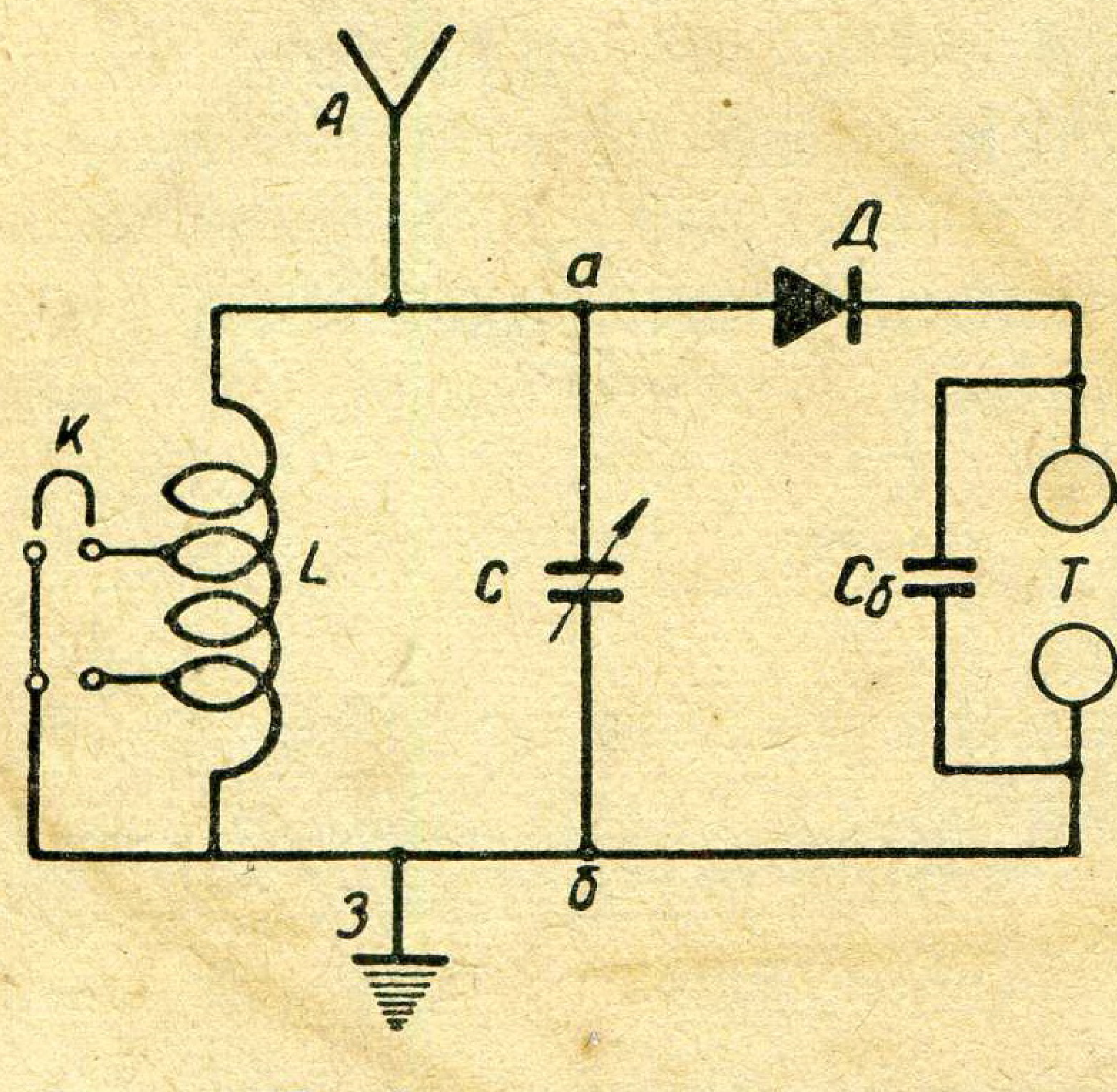
Выбіральнасцю называюць здольнасць прыёмніка вылучаць сігналы патрэбнай радыёстанцыі без перашкод з боку іншых радыёстанцый.

Дэтэктарныя радыёпрыёмнікі ўладаюць невысокай адчувальнасцю. На іх можна прымаць магутныя радыёстанцыі на адлегласці 600—800 *км*, пры добрай антэне і добрым зазямленні. Выбіральнасць прыёмнікаў таксама невысокая з прычыны прастаты схемы. Аднак дэтэктарныя радыёпрыёмнікі маюць шырокае прымяненне дзякуючы таму, што яны простыя па будове, не патрабуюць крыніц жыўлення і нескладаныя ў абслугоўванні.

Апісанне схемы дэтэктарнага радыёпрыёмніка

Пераменны контур дэтэктарнага радыёпрыёмніка (рыс. 175) складаецца з катушкі L і кандэнсатара C. Велічыня індуктыўнасці катушкі для прыёму сярэдніх хваль павінна быць прыблізна роўнай 200 *мкгн*, а для прыёму доўгіх хваль — 2500 *мкгн*. Таму ўжываюць секцыяніраваную катушку з адводамі і падбіраюць неабходную індуктыўнасць, уключаючы меншую або большую колькасць

віткоў. Катушку можна ўжыць цыліндрычную аднаслойнай намоткі або любога другога тыпу мнагаслойнай намоткі (рыс. 176).



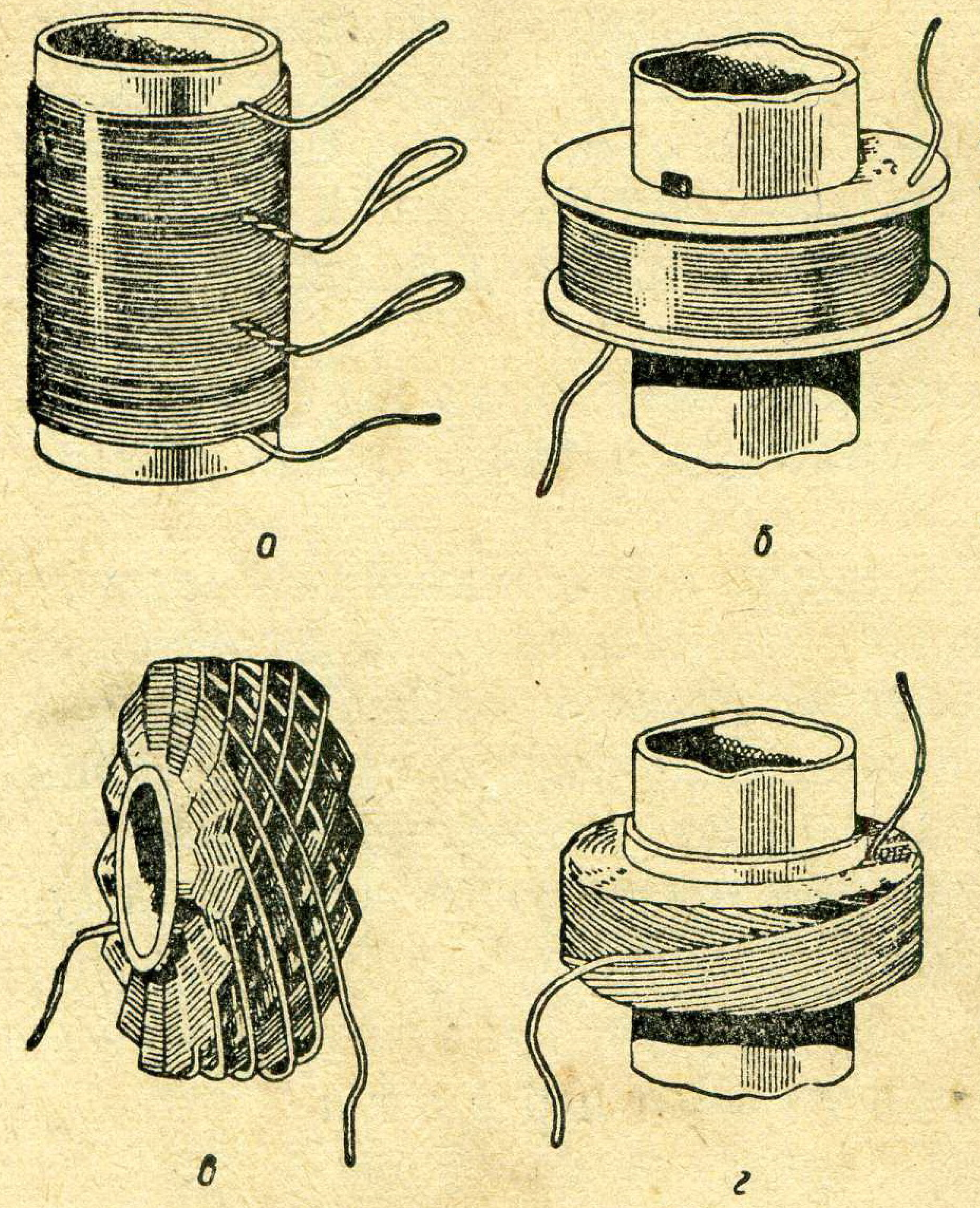
Рыс. 175. Схема злучэння дэталей у дэтэктарным радыёпрыёмніку.

Велічыню індуктыўнасці найбольш распаўсюджаных аднаслойных цыліндрычных катушак вылічваюць па формуле:

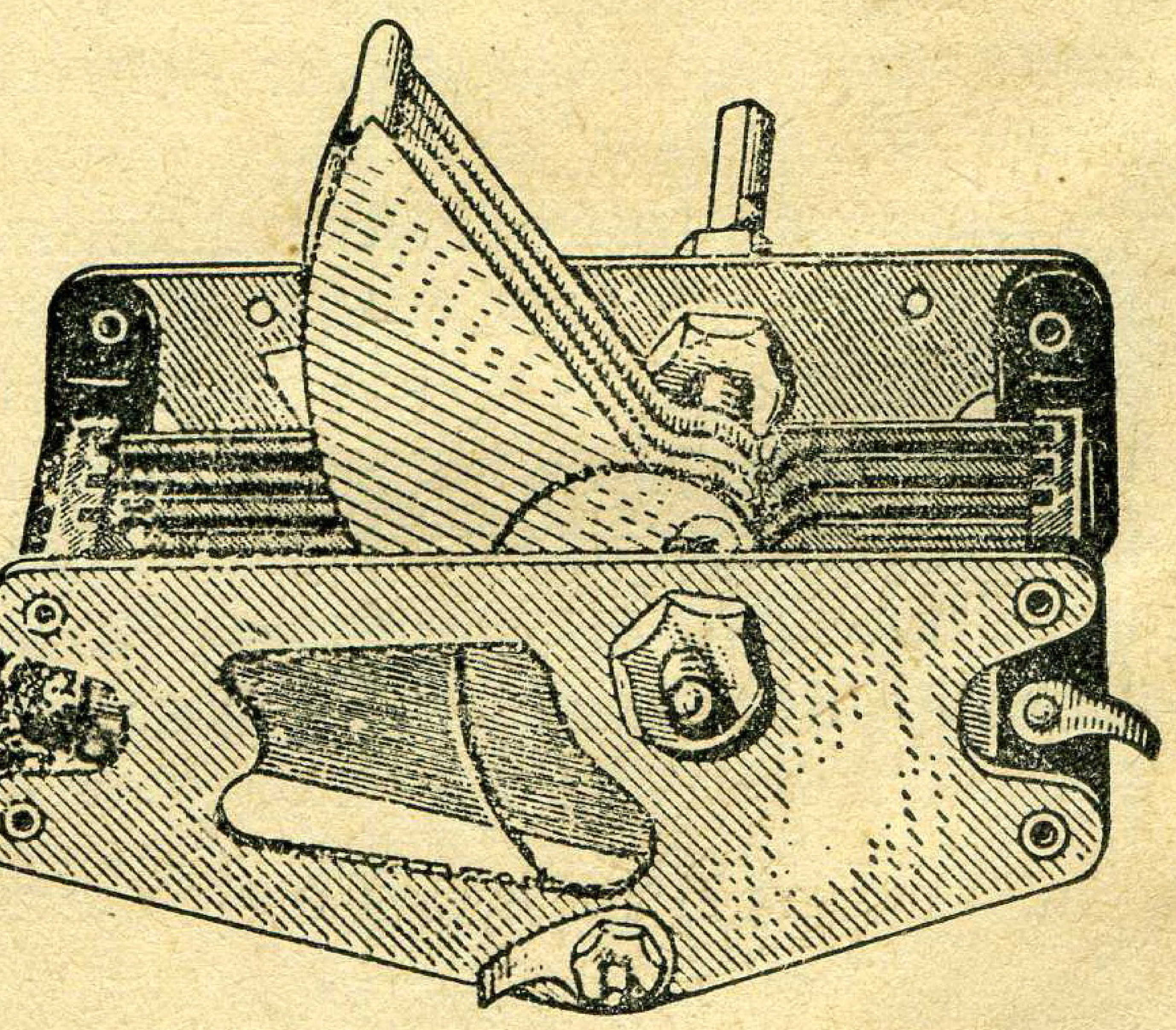
$$L = \frac{Dn^2}{1000\frac{l}{D} + 440},$$

дзе L — індуктыўнасць у *мкгн*, D — дыяметр катушкі ў *мм*, l — даўжыня намоткі ў *мм*, n — лік віткоў катушкі.

Кандэнсатар пераменнага контуру павінен быць пераменнай ёмкасці (рыс. 177) ад 50 да 450 *пф* або 500 *пф.* Да прыёмнага контуру ў пунктах *а* і *б* далучан дэтэктарны ланцуг. У яго ўваходзіць дэтэктар *Д*, які складаецца з металічнай спружынкі — вастрыя і паўправадніка, паміж якімі існуе злучэнне — кантакт. У цяперашні час распаўсюджаны крэмніевыя дэтэктары *ДК* (рыс. 178, *а*), уманціраваныя ў штэпсельныя вілачкі, і купраксныя (рыс. 178, *б*) з пастаянным адчувальным пунктам. Выпускаюцца таксама германіевыя паўправадніковыя дэтэктары тыпу ДГ-Ц1 і ДГ-Ц2



Рыс. 176. Катушкі індуктыўнасці: *а* — цыліндрычная аднаслойная з вывадамі, *б* — цыліндрычная мнагаслойная, *в* — сотавая, *г* — мнагаслойная «Універсал».

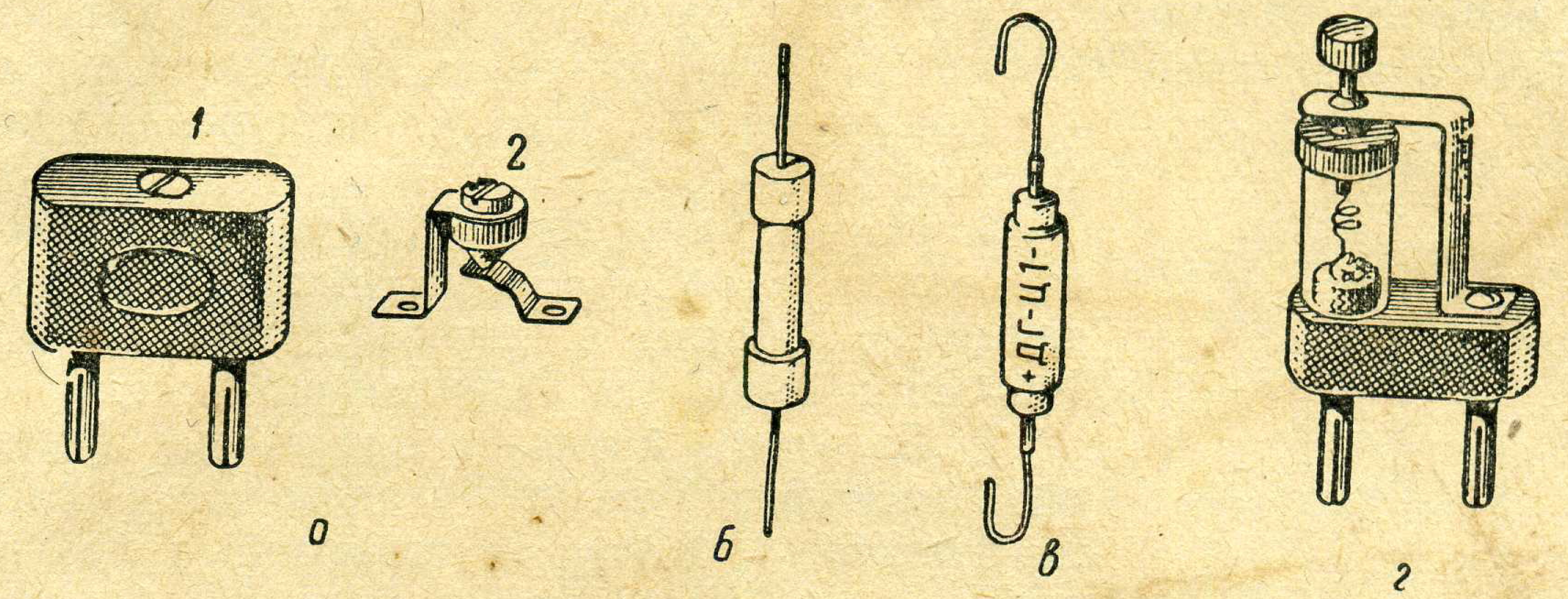


Рыс. 177. Кандэнсатар пераменнай ёмкасці.

(рыс. 178,*в*). Захаваліся таксама яшчэ галенавыя дэтэктары ранейшых выпускаў (рыс. 178, *г*). У іх ужыты крышталь галена (свінцовы

блішчак), уманціраваны ў чашачку, і стальная спіральная спружына з вастрыём, якое датыкаецца да крышталю.

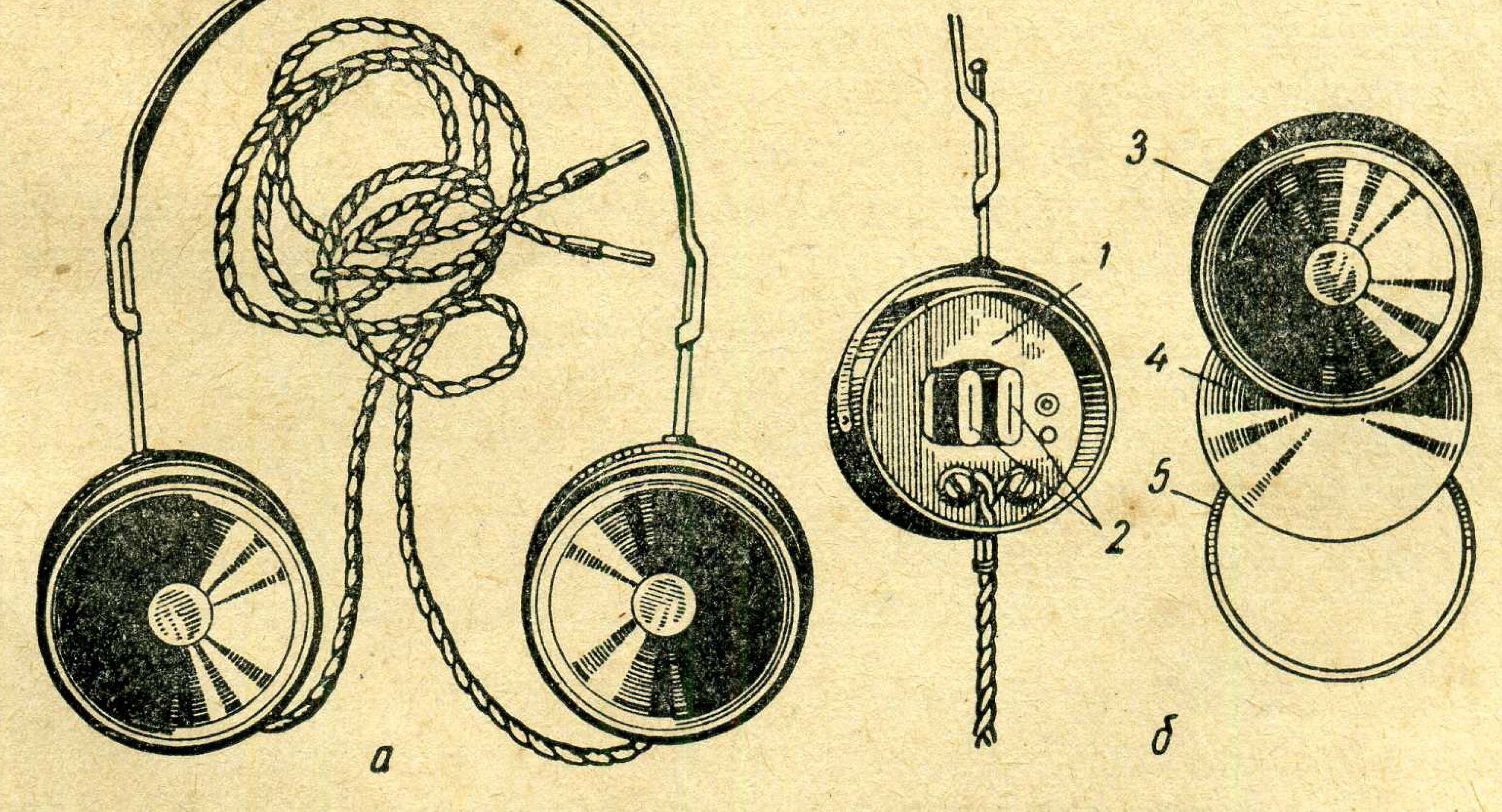
У дэтэктарны ланцуг уключаюць таксама электрамагнітныя тэлефоны — навушнікі (рыс. 179). Электрычнае супраціўленне кожнага навушніка-тэлефона 750—2000 *ом*. Лепш ужыць навушнікі з большым супраціўленнем, таму што яны ўладаюць большай адчувальнасцю. Часам ужываюць п'езаэлектрычныя тэлефоны (рыс. 180).



Рыс. 178. Дэтэктары: *а* — крэмніевы тыпу *ДК*, *б* — купраксны, *в* — германіевы тыпу ДГ-Ц1, *г* — галенавы.

У іх замест электрамагнітаў выкарыстоўваюцца дзве тонкія пласцінкі з крышталяў сегнетавай солі — п'езаэлемент. Пад дзеяннем пераменнага электрычнага току п'езаэлемент вагаецца з частатой гэтага току. Ваганні перадаюцца мембране, якая пераўтварае іх у гук.

Пры наяўнасці электрамагнітных тэлефонаў, паралельна да іх падключаюць блакіровачны кандэнсатар пастаяннай ёмкасці ад

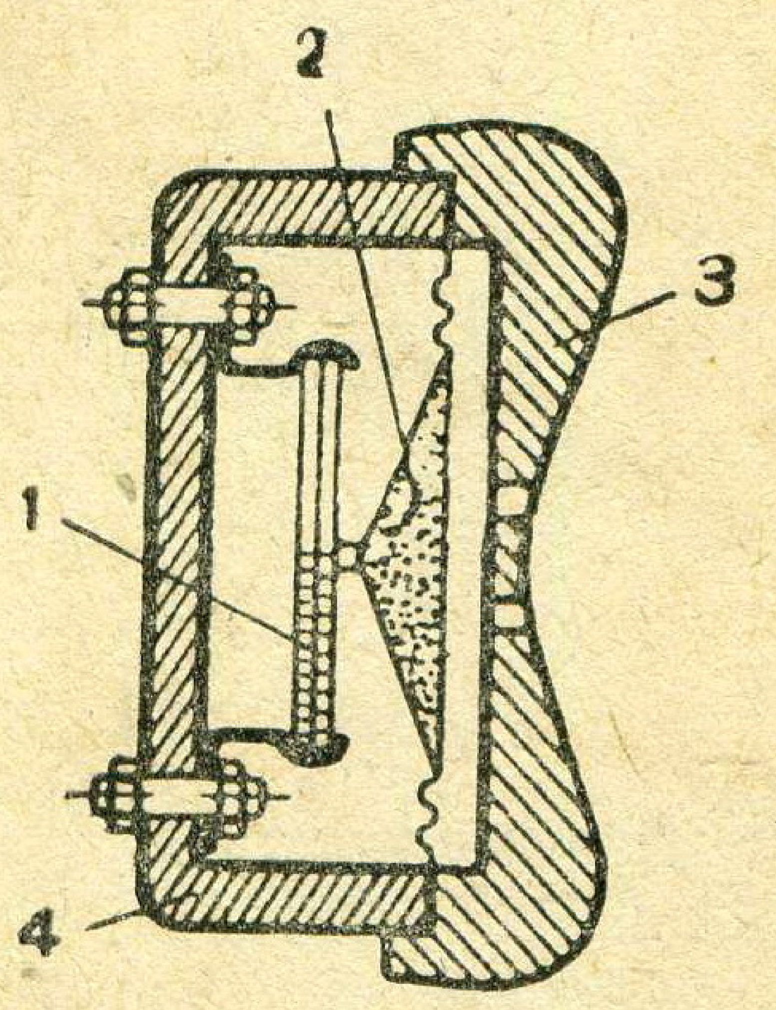


Рыс. 179. Электрамагнітныя тэлефоны: *а* — знешні выгляд, *б* — унутраная будова: *1* — пастаянны магніт, *2* — полюсныя надстаўкі з катушкамі, *3* — накрыўка з слыхавой алтулінай, *4* — мембрана, *5* — пракладачнае кольца.

1500 да 5000 *пф.* Калі ж ужываюць тэлефоны з п'езаэлементамі, якія ўяўляюць кандэнсатар пастаяннай ёмкасці, то замест блакіровачнага кандэнсатара далучаюць супраціўленне ў 100 *ком.*

Выкананне работы

1. Азнаёмцеся шляхам агляду з дэталямі дэтэктарнага радыёпрыёмніка, дадзенымі для работы. Вызначце тып намоткі катушкі і пры аднаслойнай намотцы вылічце велічыню яе індуктыўнасці. Даныя дэталей і рэзультаты разліку запішыце ў сшытак.



Рыс. 180. Будова п'езаэлектрычнага тэлефону: *1* — п'езаэлемент, 2— мембрана, *3* — накрыўка, *4* — корпус.

2. Нарысуйце прынцыповую схему дэтэктарнага радыёпрыёмніка (рыс. 175). Па гэтай схеме збярыце з гатовых дэталей радыёпрыёмнік. Праверце правільнасць зборкі.

3. Далучыце антэну і зямлю да прыёмнага контуру. Устаўце ў адпаведныя гнёзды дэтэктар і ўключыце тэлефонныя навушнікі. Затым надзеньце навушнікі, выгадна прыстасаваўшы іх да вушэй.

4. Калі прыменен дэтэктар, які не мае пастаяннага адчувальнага пункта (галенавы або самаробны), то адшукайце адчувальны пункт, перастаўляючы вастрыё спіралькі па крышталю да атрымання яснага шораху або гуку ў тэлефоне.

5. Асцярожна паварочвайце ручку кандэнсатара пераменнай ёмкасці да атрымання найбольш моцнага гуку ў тэлефоне. Настроіўшы пераменны контур у рэзананс на прыёмную радыёстанцыю, паспрабуйце адшукаць больш адчувальны пункт і атрымаць больш гучны прыём. Пасля гэтага, паварочваючы ручку кандэнсатара далей, настройцеся на якую-небудзь іншую радыёстанцыю.

6. Пры ўжыванні дэтэктара з пастаянным адчувальным пунктам (тыпаў ДК, купракснага або ДГ-Ц1) распачынайце адразу ж настройку прыёмнага контуру без адшуквання адчувальнага пункта.

У дэтэктарах тыпу ДК з часам губляецца адчувальны пункт. Для аднаўлення яго павярніце адвёрткай галоўку вінта, размешчанага ў паглыбленні штэпсельных вілачак (рыс. 178, *1*) да такога становішча, пры якім будзе пачута работа прымаемай радыёстанцыі.

7. Работу патрэбна выконваць у часы дзеяння радыёстанцыі мясцовага дзеяння.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Схема сабранага радыёпрыёмніка.

3. Кароткае апісанне прызначэння дэталей.
4. Кароткі пералік этапаў выканання работы.

Кантрольныя пытанні

1. Якое прызначэнне мае прыёмны контур у дэтэктарным радыёпрыёмніку?
2. Як робіцца настройка дэтэктарнага радыёпрыёмніка?
3. Якая будова катушкі дэтэктарнага радыёпрыёмніка і ад чаго залежыць яе індуктыўнасць?
4. Для чаго ў дэтэктарным прыёмніку ўжыты кандэнсатар пераменнай ёмкасці і якая яго будова?
5. Які тып дэтэктара быў ужыты ў практычнай рабоце і як знаходзіўся адчувальны пункт?
6. Які тып тэлефонных трубак ужываўся у рабоце?

Работа 24. **Зняцце характарыстык электроннай лямпы**

Мэта работы. Вывучыць будову трохэлектроднай электроннай лямпы, зняць яе характарыстыкі і вызначыць параметры.

Прыборы і абсталяванне: 1) трохэлектродная лямпа (6С5С, 6С2С, 6Н8С і да т. п.), 2) лямпавая панель з вываднымі зажымамі, 3) міліампераметры магнітаэлектрычнай сістэмы са шкалой 0—50 *ма* (у ланцугу анода), са шкалой 0—10 *ма* (у ланцугу сеткі), 4) вольтметры такой жа сістэмы; адзін са шкалой 0—300 *в* (у ланцугу анода), другі са шкалой 0—30 *в* (у ланцугу сеткі), 5) вольтметр электрамагнітнай сістэмы са шкалой 0—15 *в* (у ланцугу напалу), 6) рэастат напалу 15—20 *ом*, 0,5 *а*, 7) двухполюсны пераключальнік (у ланцугу сеткі), 8) патэнцыёметры; у ланцугу анода 2500—3000 *ом*, 0,15 *а*, у ланцугу сеткі 1500—2000 *ом*, 0,15 *а*, 9) крыніцы жыўлення; па аноду з э. р. с. 150—300 *в*, па напалу ∼6,3 *в*, сетачнае напружанне 20—30 *в*, злучальныя праваднікі.

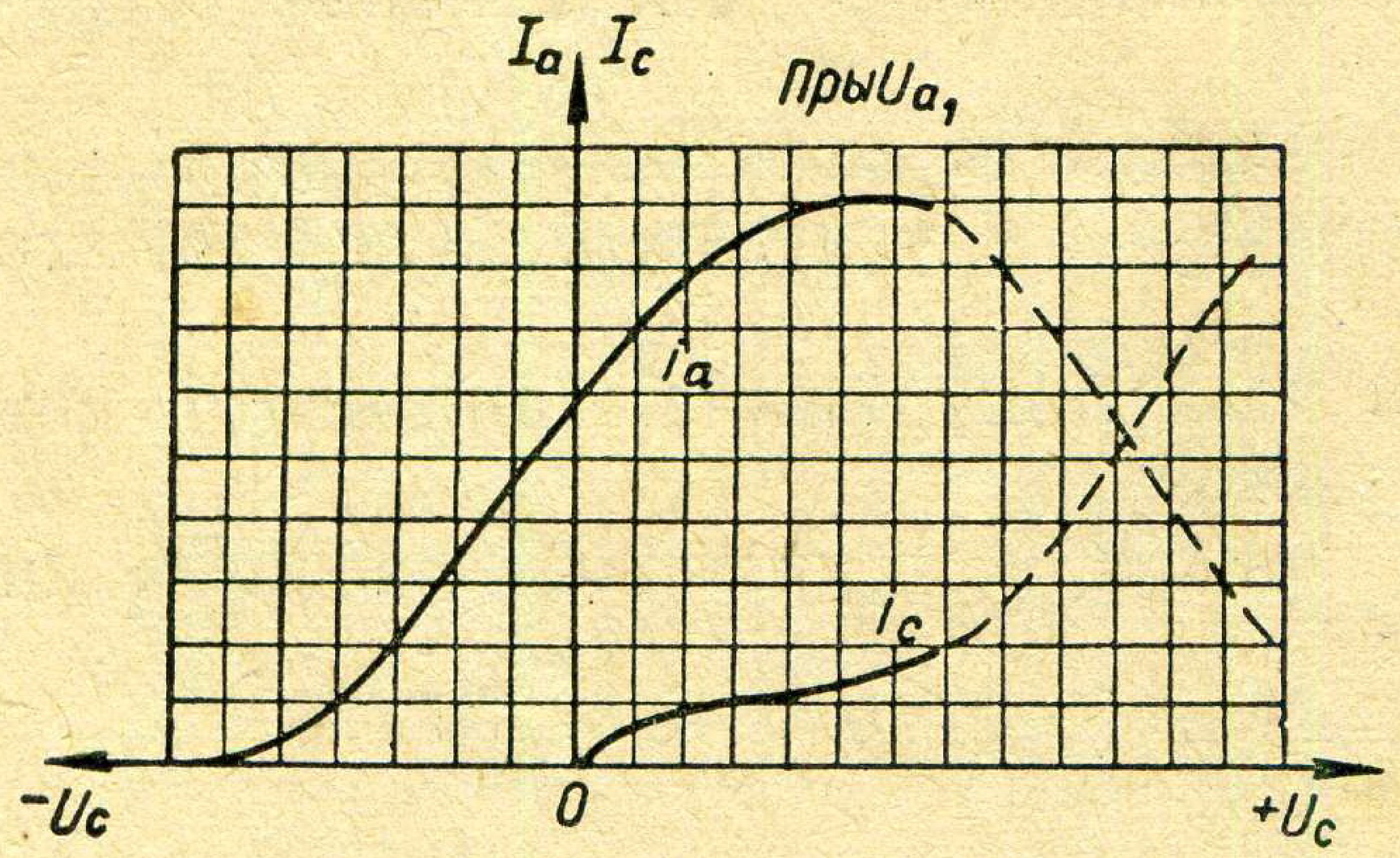
Тэарэтычныя звесткі

Пры вывучэнні работы і ўжыванні электронных лямп вялікае значэнне маюць іх характарыстыкі і параметры.

Характарыстыкай лямпы называюць графік, які паказвае залежнасць аноднага току лямпы $I_а$ ад сетачнага напружання $U_с$ або ад анолнага напружання $U_а$ (пры намінальным напружанні напалу).

Характарыстыкі запісваюцца матэматычна: $I_а = f(U_с)$ пры $U_а = \text{const}$, або $I_а = f(U_а)$ пры $U_с = \text{const}$. Першая з іх паказвае залежнасць аноднага току ад сетачнага напружання пры пастаянных напружаннях анода і напалу. Гэтая характарыстыка называецца сетачнай характарыстыкай анолнага току лямпы. Другая характарыстыка паказвае залежнасць аноднага току ад анодкага напружання пры пастаянных напружаннях сеткі і напалу. Гэтую характарыстыку называюць аноднай характарыстыкай

аноднага току лямпы. Калі змяняць ступенямі анодна е напружанне, то можна атрымаць некалькі сетачных характарыстак, а калі змяніць ступенямі сетачнае напружанне, то атрымаем некалькі анодных характарыстык. Некалькі сетачных або анодных характарыстык на адным графіку называюцца сямействам характарыстык лямпы.



Рыс. 181. Сетачная характарыстыка аноднага і сетачнага токаў трохэлектроднай электроннай лямпы.

На рысунку 181 паказаны сетачныя характарыстыкі аноднага I_a і сетачнага I_c токаў трохэлектроднай лямпы (трыёда). З разгляду гэтага графіка вынікае, што пры вялікіх адмоўных напружаннях на сетцы адсутнічае ток у анодным ланцугу. Гэта адбываецца таму, што адмоўна зараджаная сетка адштурхвае электроны, якія вылятаюць з катода, і не прапускае іх на анод. Па меры павелічэння патэнцыяла сеткі (памяншэння адмоўнага напружання на сетцы) паяўляецца анодны ток. Гэта адбываецца да таго часу, пакуль напружанне на сетцы стане роўным 0. Пры далейшым павелічэнні сетачнага напружання разам з далейшым ростам аноднага току паяўляецца ток у ланцугу сеткі. Ток сеткі будзе некалькі памяншаць рост аноднага току. Агульны ток, які ўтворан электронным патокам, спрамяняемым катодам (ток эмісіі), ровен суме аноднага I_a і сетачнага I_c токаў. Пры далейшым павелічэнні сетачнага напружання рост аноднага току спачатку спыніцца, а затым анодны ток будзе спадаць, а сетачны рэзка ўзрастаць. Гэта адбываецца таму, што з павелічэннем напружання сеткі да яе прыцягваецца ўсё большая колькасць электронаў, а эмісіённы ток застаецца пастаянным, значыць, памяншаецца анодны ток. Адбываецца так званае пераразмеркаванне токаў паміж анодам і сеткай. Сетачны ток для работы лямпы з'яўляецца шкодным, таму стараюцца працаваць пры адсутнасці сетачнага току або пры наяўнасці малых сетачных токаў.

У сетачнай характарыстыцы аноднага току ёсць участкі ніжняга выгібу, верхняга выгібу і прамалінейны ўчастак.

Верхні выгіб паяўляецца з прычыны таго, што ўсе праляцеўшыя сетку электроны прыцягваюцца анодам і далейшае павелічэнне напружання на сетцы не стварае ўзрастання аноднага току (многія тыпы лямп гэтага абмежавання не маюць). Гэты анодны ток называюць токам насычэння. Электронныя лямпы працуюць так, каб анодны ток не даходзіў да велічыні насычэння.

Карыстаючыся сетачнай характарыстыкай лямпы, можна знайсці велічыню аноднага току для ўсіх дапушчальных значэнняў напружанняў на сетцы і правільна выбраць рэжым работы лямпы на

прамалінейным участку характарыстыкі, каб не было скажэнняў пры ўзмацненні.

Акрамя характарыстыкі, рабочыя ўласцівасці лямпы вызначаюцца параметрамі. Гэта пастаянныя велічыні, якія вызначаюць якасці і ўласцівасці электроннай лямпы.

Электронная лямпа характарызуецца трыма асноўнымі параметрамі.

1. Крутасць характарыстыкі S. Велічыня, якая паказвае, на колькі міліампер змяняецца анодны ток пры змяненні сетачнага напружання на 1 *в*, пры пастаянным напружанні на анодзе. Крутасць характарыстыкі вылічваюць як адносіну змянення аноднага току $\Delta I_а$ да стварыўшага яго змянення напружання на сетцы $\Delta U_с$ пры пастаянным напружанні $U_а$ на анодзе:

$$S = \frac{\Delta I_а}{\Delta U_с} \quad \frac{ма}{в} \text{ пры } U_а = \text{const}.$$

Крутасць трыёдаў 1—4 $\frac{ма}{в}$.

Чым большая крутасць, тым лепш будзе лямпа працаваць як узмацняльнік.

2. Каэфіцыент узмацнення μ. Велічыня, якая паказвае, у колькі разоў мацней дзейнічае змяненне напружання сеткі на анодны ток, чым такое ж змяненне аноднага напружання. Гэта адбываецца таму, што сетка размешчана да катода значна бліжэй, чым анод. Акрамя таго, яна аслабляе дзеянне электрычнага поля анода на катод. Каэфіцыент узмацнення μ вылічваецца як адносіна змянення напружання на анодзе $\Delta U_а$ да змянення напружання на сетцы $\Delta U_с$, якія ствараюць аднолькавыя змяненні аноднага току $\Delta I_а$:

$$\mu = \frac{\Delta U_а}{\Delta U_с} \text{ пры } \Delta I_а = \text{const}.$$

Каэфіцыент узмацнення трыёдаў 10—40. Велічыня, адваротная μ, носіць назву пранікальнасці лямпы $\frac{1}{\mu} = D$. Пранікальнасць лямпы паказвае аслабленне поля анода пасля сеткі.

3. Унутранае супраціўленне лямпы R_i. Гэта ёсць адносіна велічыні змянення аноднага напружання $\Delta U_а$ да створанага ім змянення аноднага току $\Delta I_а$ пры пастаянным напружанні на сетцы $U_с$:

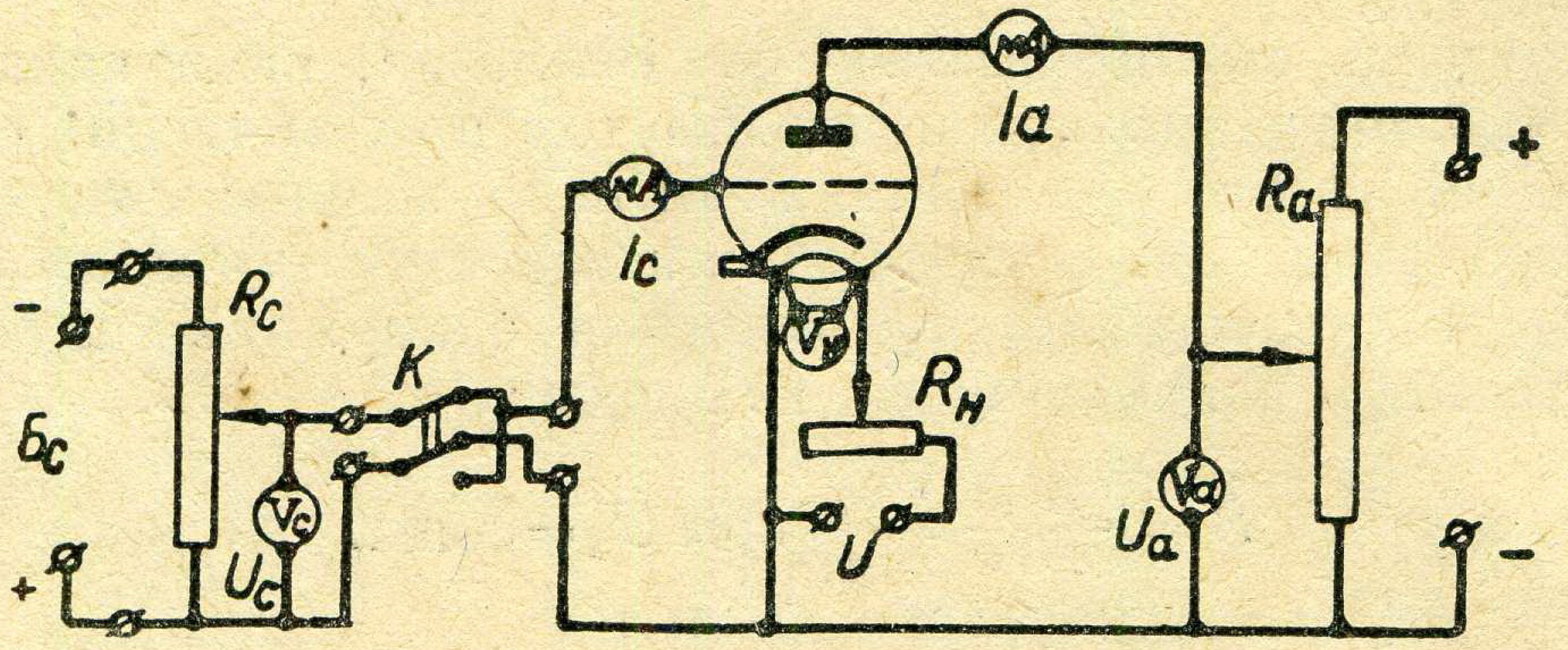
$$R_i = \frac{\Delta U_а}{\Delta I_а} \, ом \text{ пры } U_с = \text{const}.$$

Унутранае супраціўленне лямпы змяняецца пры змяненні аноднага току, г. зн. не падпарадкоўваецца лінейнаму закону Ома. Для трыёда R_i = 1500—10 000 *ом*.

Велічыні параметраў лямп выкарыстоўваюцца для разлікаў схем, у якіх ужываюцца электронныя лямпы. Паміж S, μ і R_i існуе залежнасць $\mu = R_i S$, называемая ўраўненнем лямпы.

Апісанне схемы для зняцця характарыстыкі лямпы

Для зняцця сетачных або анодных характарыстык трыёд уключаюць па схеме, прыведзенай на рысунку 182. Жыўленне напалу робіцца ад паніжальнага трансфарматара (6,3 *в*). Велічыня напружання $U_н$ кантралюецца вольтметрам $V_н$. Анод жывіцца ад аноднай



Рыс. 182. Схема для зняцця характарыстык трохэлектроднай электроннай лямпы.

батарэі $Б_а$ (або выпрамляльніка), нагружанай на патэнцыёметр $R_а$. Паслядоўна ў анодны ланцуг уключан міліамперметр для змянення анаднага току. Велічыня анаднага напружання $U_а$ кантралюецца па вольтметру $V_а$, падключанаму паралельна патэнцыёметру.

Ланцуг сеткі складаецца з сетачнай батарэі $Б_с$ і патэнцыёметра $R_с$. Велічыня напружання $U_с$ правяраецца вольтметрам $V_с$, далучаным паралельна да патэнцыёметра $R_с$, сетачны ток вымяраецца міліамперметрам, уключаным у сетачны ланцуг. Для змянення палярнасці падаваемага на сетку напружання ўжыты двухполюсны пераключальнік *K*.

Выкананне работы

1. Азнаёмцеся са схемай уключэння трыёда і з прыборамі, дадзенымі для работы. Запішыце даныя прыбораў у сшытак. Вызначце цану дзялення прыбораў.

Падрыхтуйце табліцы для запісаў паказанняў прыбораў.

Табліца для зняцця сетачных характарыстык

$I_а=f(U_с)$; $I_с=f(U_с)$ пры $U_а=\text{const}$

Тып лямпы . . . . $U_н$= . . . . *в*						
№ пп	Пры $U_{а_1}$ = ... *в*			Пры $U_{а_2}$ = ... *в*		
	$U_с$	$I_а$	$I_с$	$U_с$	$I_а$	$I_с$
	в	*ма*	*ма*	*в*	*ма*	*ма*

Табліца для зняцця анодных характарыстык

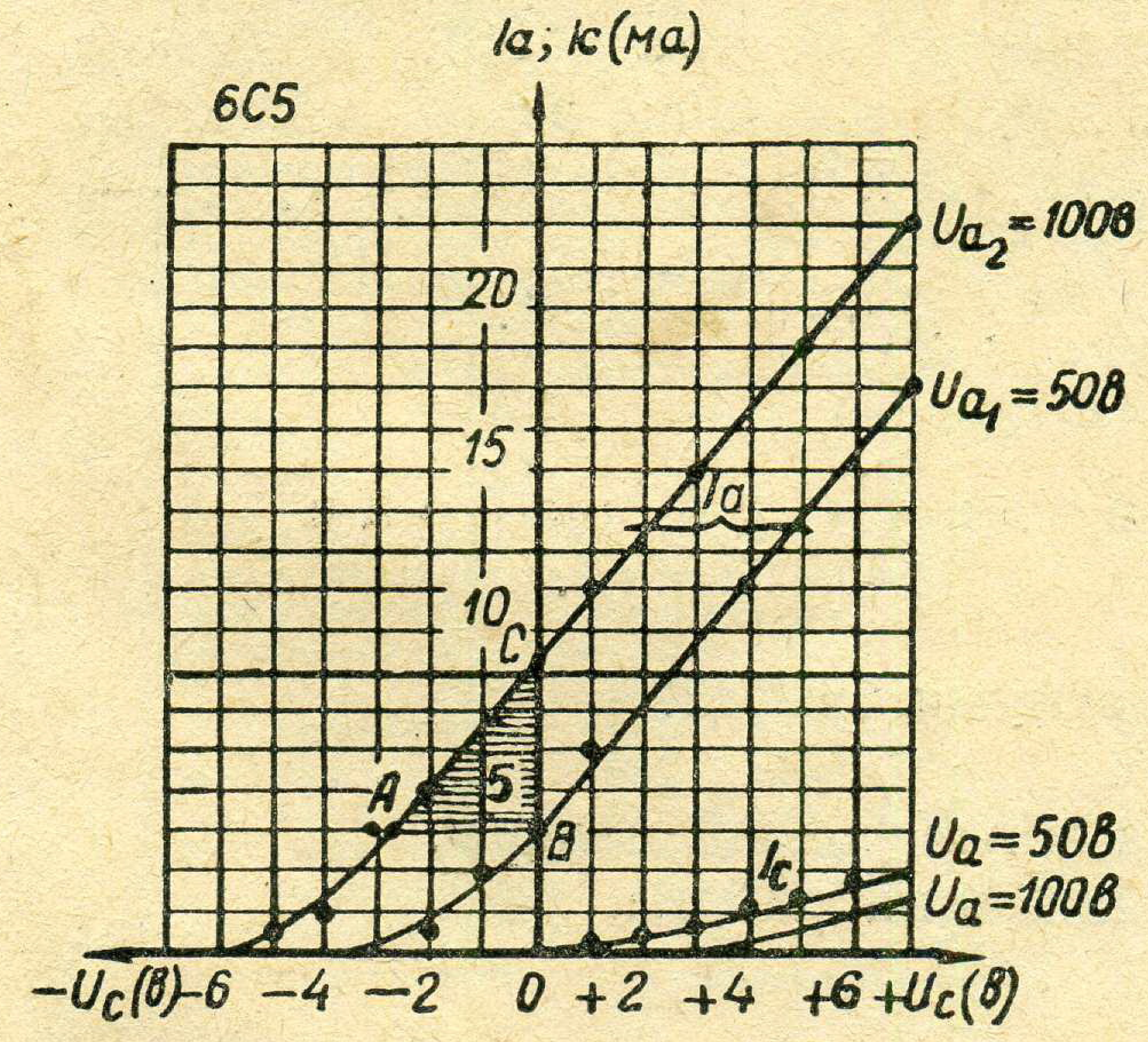
$I_a = f(U_a)$ пры $U_c = \text{const}$

Тып лямпы . . . . . . $U_н$= . . . . . . *в*				
№ пп.	U_a	$U_{c1} = 0$	$U_{c2} = \cdots$ *в*	$U_{c3} = \cdots$ *в*
		I_{a1}	I_{a2}	I_{a3}
	в	*ма*	*ма*	*ма*

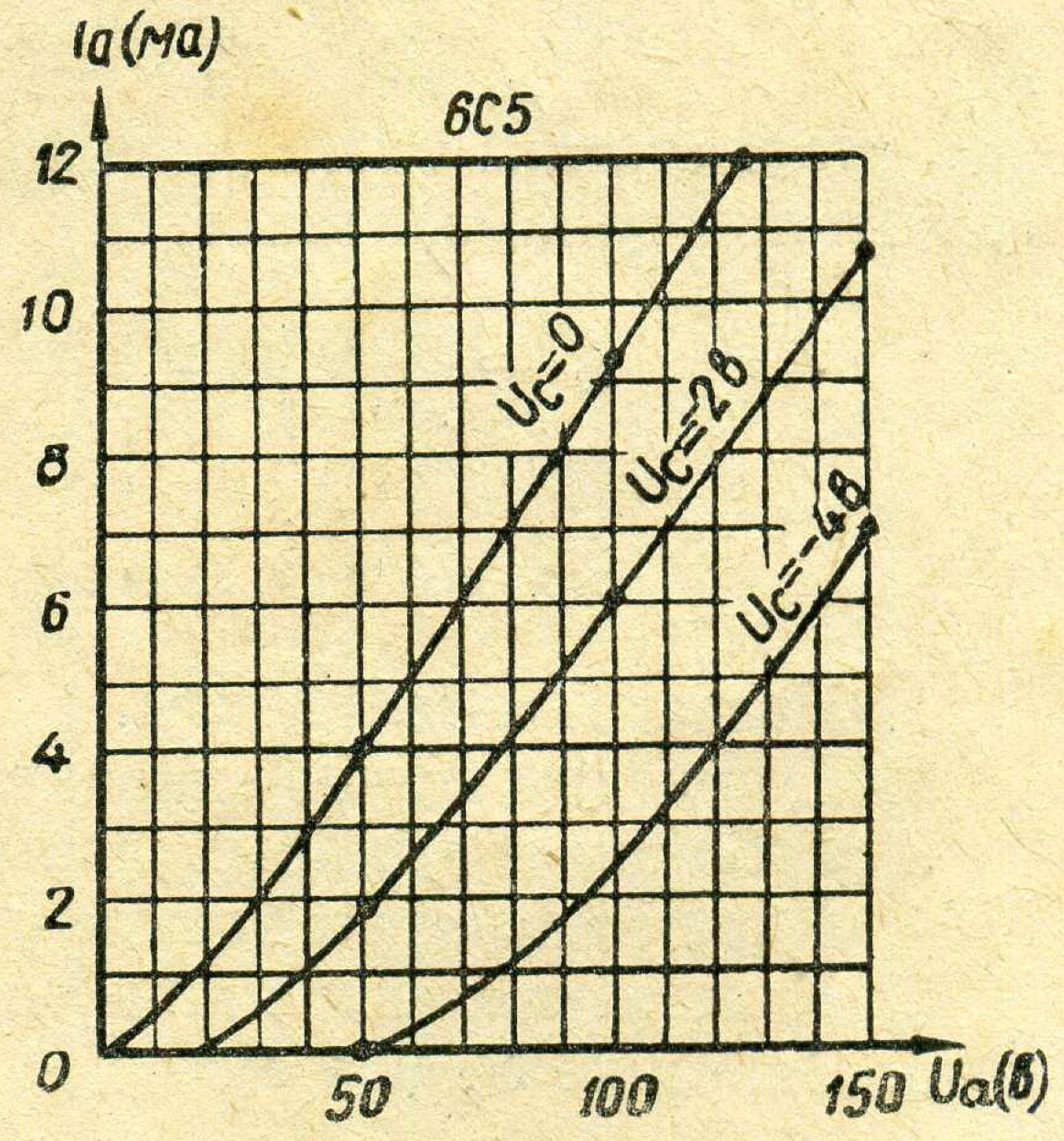
2. Па прынцыповай схеме, паказанай на рысунку 182, збярыце ўстаноўку для зняцця характарыстык трыёда. Сабраную схему пакажыце для праверкі настаўніку і, атрымаўшы ад яго дазвол, распачніце зняцце характарыстык.

3. Уключыце жыўленне. Устанавіце пры дапамозе рэастата нармальнае напружанне напалу (у залежнасці ад тыпу ўжытай лямпы).

Патэнцыёметрам R_a устанавіце на анодзе напружанне, пры якім будзеце знімаць першую характарыстыку (прыкладна 100 *в*). Пры зняцці характарыстыкі гэтае напружанне падтрымлівайце пастаянным. Пры дапамозе патэнцыёметра R_c падбярыце такое значэнне адмоўнага напружання на сетцы, пры якім анодны ток будзе ровен 0.



Рыс. 183. Прыкладныя сетачныя характарыстыкі аноднага току трохэлектроднай электроннай лямпы.



Рыс. 184. Прыкладныя анодныя характарыстыкі аноднага току трохэлектроднай электроннай лямпы.

4. Змяняйце напружанне на сетцы патэнцыёметрам R_c праз 1—2 *в* і назірайце пры гэтым за змяненнем аноднага і сетачнага токаў. Паказанні ўсіх прыбораў запісвайце ў табліцу. Дайшоўшы да 0

напружання на сетцы, пераключыце пераключальнік K і павялічвайце напружанне на сетцы, працягваючы запісы ў табліцу, пакуль анодны ток не дасягне гранічнага.

5. Закончыўшы зняцце першай характарыстыкі патэнцыёметрам R_a, павялічце аноднае напружанне (прыкладна да 150—200 *в*) і аналагічна зніміце другую характарыстыку.

6. Закончыўшы зняцце другой сетачнай характарыстыкі, патэнцыёметры R_a і R_c устанавіце так, каб вольтметры V_a і V_c паказвалі 0. Затым, падтрымліваючы пастаяннае напружанне на сетцы роўным 0, павялічвайце патэнцыёметрам R_a аноднае напружанне ад 0 цераз 10 *в* і запісвайце паказанні прыбораў у табліцу. Дайшоўшы да напружання 150—200 *в*, спыніце назіранні і патэнцыёметрам R_a устанавіце напружанне на анодзе роўным 0.

7 Патэнцыёметрам R_c устанавіце на кіруючай сетцы напружанне —1 *в* або —1,5 *в* і зноў паўтарыце ўсе вымярэнні, якія ўказаны ў пункце 6. У такой паслядоўнасці зніміце тры-чатыры характарыстыкі для розных пастаянных значэнняў адмоўных напружанняў на сетцы.

8. Закончыўшы вымярэнні, перш за ўсё адключыце крыніцы жыўлення, а затым разбярыце мантаж схемы.

9. На аснове атрыманых рэзультатаў пабудуйце ў прамавугольнай сістэме каардынат сетачныя характарыстыкі $I_a = f\ (U_c)$ і $I_c = f\ (U_c)$ пры U_a і $U_н$ const і анодныя характарыстыкі $I_a = f\ (U_a)$ пры U_c і $U_н$ const.

Прыкладныя характарыстыкі паказаны на рысунках 183 і 184. Карыстаючыся сямействам характарыстык (рыс 183), пабудуйце характарыстычны трохвугольнік ABC і вызначце з яго параметры трыёда пры дапамозе маштабаў, прынятых пры пабудаванні графіка:

$$S = \frac{BC}{AB};\ \mu = \frac{U_{a_2} - U_{a_1}}{AB};\ R_i = \frac{U_{a_2} - U_{a_1}}{BC}.$$

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Схема для зняцця характарыстык трыёда.
3. Табліцы атрыманых даных.
4. Характарыстыкі трыёда на міліметравай паперы.
5. Кароткі пералік этапаў выканання работы.
6. Значэнне S, μ і R_i.

Кантрольныя пытанні

1. Як выконваецца зняцце сетачных характарыстык трыёда?
2. Як выконваецца зняцце анодных характарыстык трыёда?
3. Якую залежнасць вызначаюць сетачныя і анодныя характарыстыкі аноднага току трыёда?

4. Што адбываецца з сетачнай характарыстыкай трыёда пры павелічэнні напружання на анодзе лямпы?

5. Ад чаго залежыць ток сеткі?

6. Як вызначаюць параметры трыёда па яго характарыстыках?

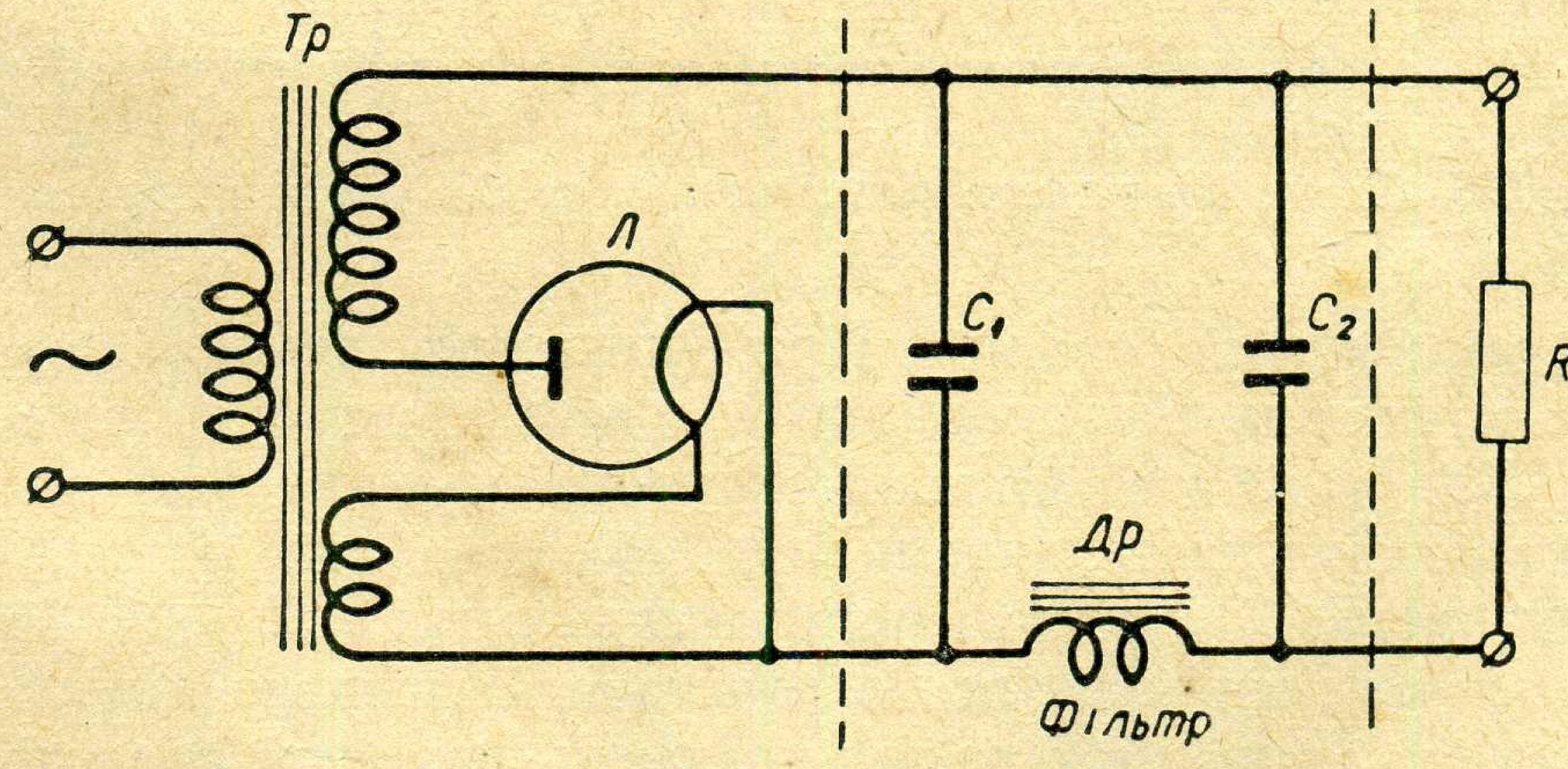
Работа 25. Зборка і выпрабаванне лямпавага выпрамляльніка без трансфарматара

Мэта работы. Сабраць з гатовых дэталей выпрамляльнік на кенатроне з фільтрам і выпрабаваць яго ў рабоце.

Прыборы, абсталяванне і інструменты: 1) электронная лямпа тыпу 6Ц5С; 2) лямпавая панелька з вываднымі зажымамі, 3) лямпа напальвання магутнасцю 75 *вт* (пры напружанні сеткі 127 *в*) або 100 *вт* (пры напружанні сеткі 220 *в*), 4) нармальны патрон для лямпы, 5) сілавы дросель любога тыпу, электралітычныя кандэнсатары 10 *мкф*, 450 *в* —2 шт., 6) шнур са штэпсельнымі вілачкамі, 7) рубільнік двухполюсны, 8) засцерагальнікі пробкавыя нармальныя — 2 шт., 9) вольтметр магнітаэлектрычнай сістэмы са шкалой 0—300 *в*, 10) вольтметр электрамагнітны са шкалой 0—300 *в*, 11) злучальныя правады, 12) адвёртка, пласкагубцы, электрапаяльнік, 13) прыпой і флюс для пайкі, 14) ізаляцыйная стужка, 15) нагрузка.

Тэарэтычныя звесткі

Найбольш простым па будове з'яўляецца аднапаўперыядны кенатронны выпрамляльнік, схема якога паказана на рысунку 185. У гэтай схеме ўжыты трансфарматар, які павышае напружанне. Аднак у практыцы часта бывае дастатковым напружанне некалькі меншае, чым напружанне сеткі пераменнага току. Напрыклад, для жыўлення адналямпавага радыёпрыёмніка або ўзмацняльніка дастаткова напружанне 80—100 *в*. Гэта дае магчымасць спрасціць



Рыс. 185. Схема аднапаўперыяднага кенатроннага выпрамляльніка.

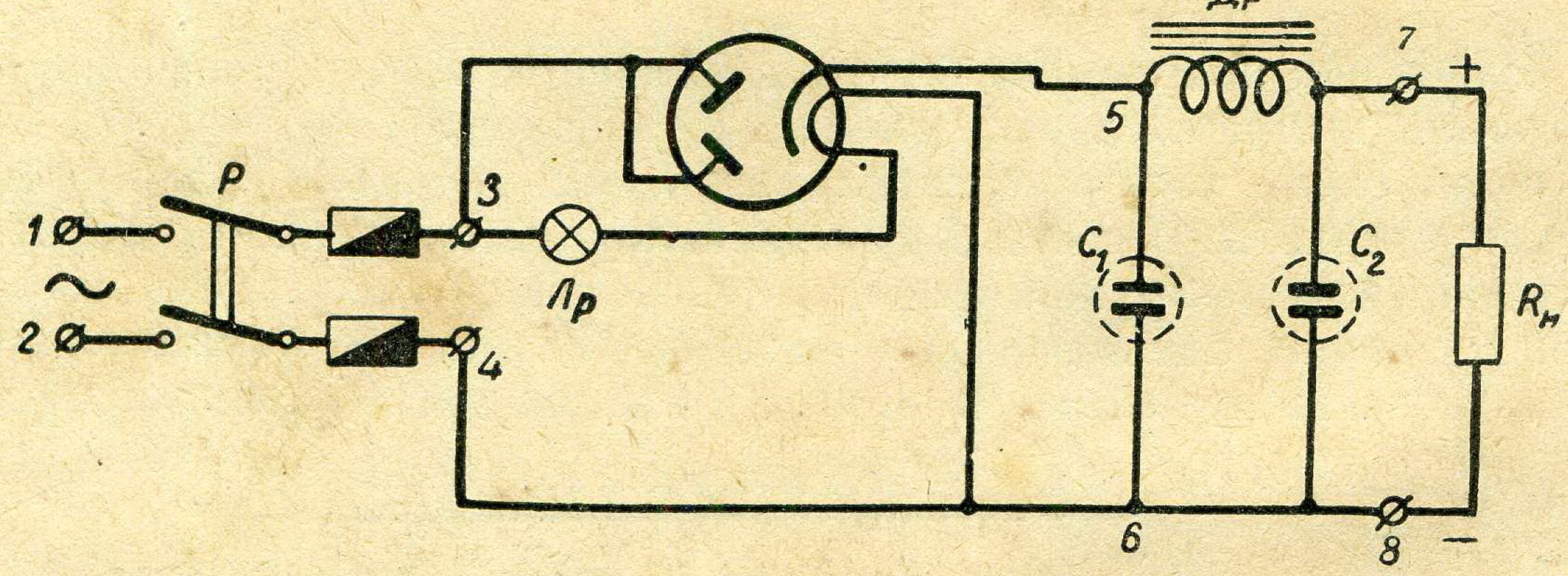
схему выпрамлення, выдаліўшы з яе трансфарматар. Тады напружанне ад сеткі пераменнага току падаецца прама да спажыўца праз

выпрамляльную лямпу і фільтр. У такой схеме звычайна ўжываюцца кенатроны з адным анодам. Да яго далучаецца адзін з правадоў сеткі пераменнага току. Плюс выпрамленага напружання здымаецца з катода кенатрона, таму што катод у час работы лямпы распальваецца і спрамяняе электроны, таму ён электрызуецца дадатна. Мінусам выпрамленага напружання з'яўляецца другі провад сеткі.

Пры эксплуатацыі кенатронных выпрамляльнікаў неабходна сачыць за тым, каб выпрамлены ток не перавышаў велічыню найбольшага дапушчальнага току для дадзенага тыпу кенатрона. Гэтае значэнне току вызначаюць па пашпарту або па характарыстыцы кенатрона. Пры перагрузцы кенатронаў вялікім токам анод можа распаліцца і расплавіцца, што прыводзіць да псавання кенатрона і ўсяго выпрамляльніка.

Апісанне схемы выпрамляльніка

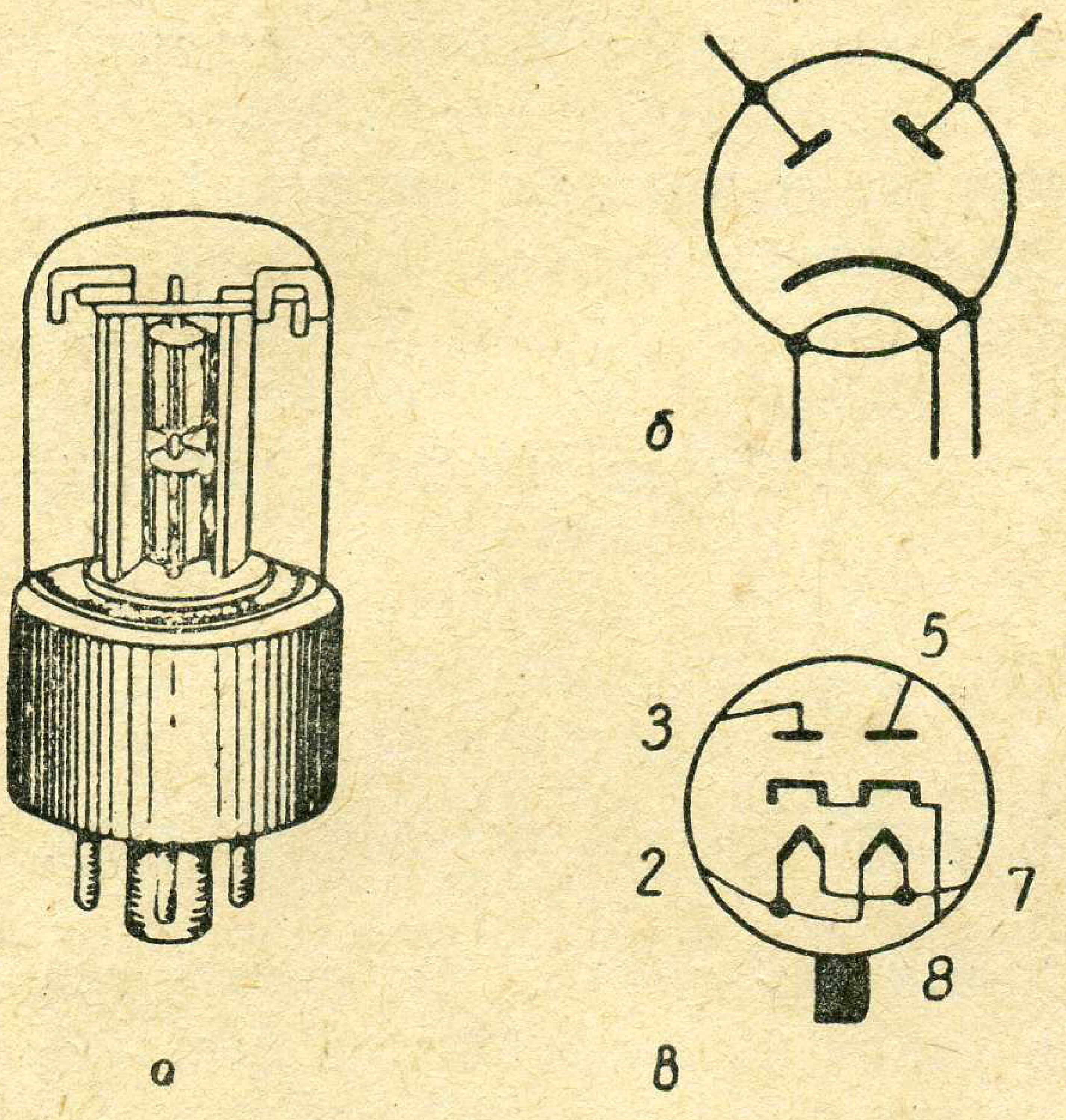
Найпрасцейшы кенатронны выпрамляльнік збіраюць па аднапаўперыяднай схеме (рыс. 186) без трансфарматара. У гэтай схеме выкарыстоўваецца электронная лямпа тыпу 6Ц5С (рыс. 187). Гэта двуханодны падагрэўны кенатрон, які спажывае ток напалу 0,6 *а* пры напружанні 6,3 *в*. Яго схема дадзена на рысунку 187, *б*. Там жа паказана цакалёўка з абазначэннем кантактавых штыркоў на цокалі лямпы, калі яе павярнуць цокалем уверх. Лік штыркоў вя-



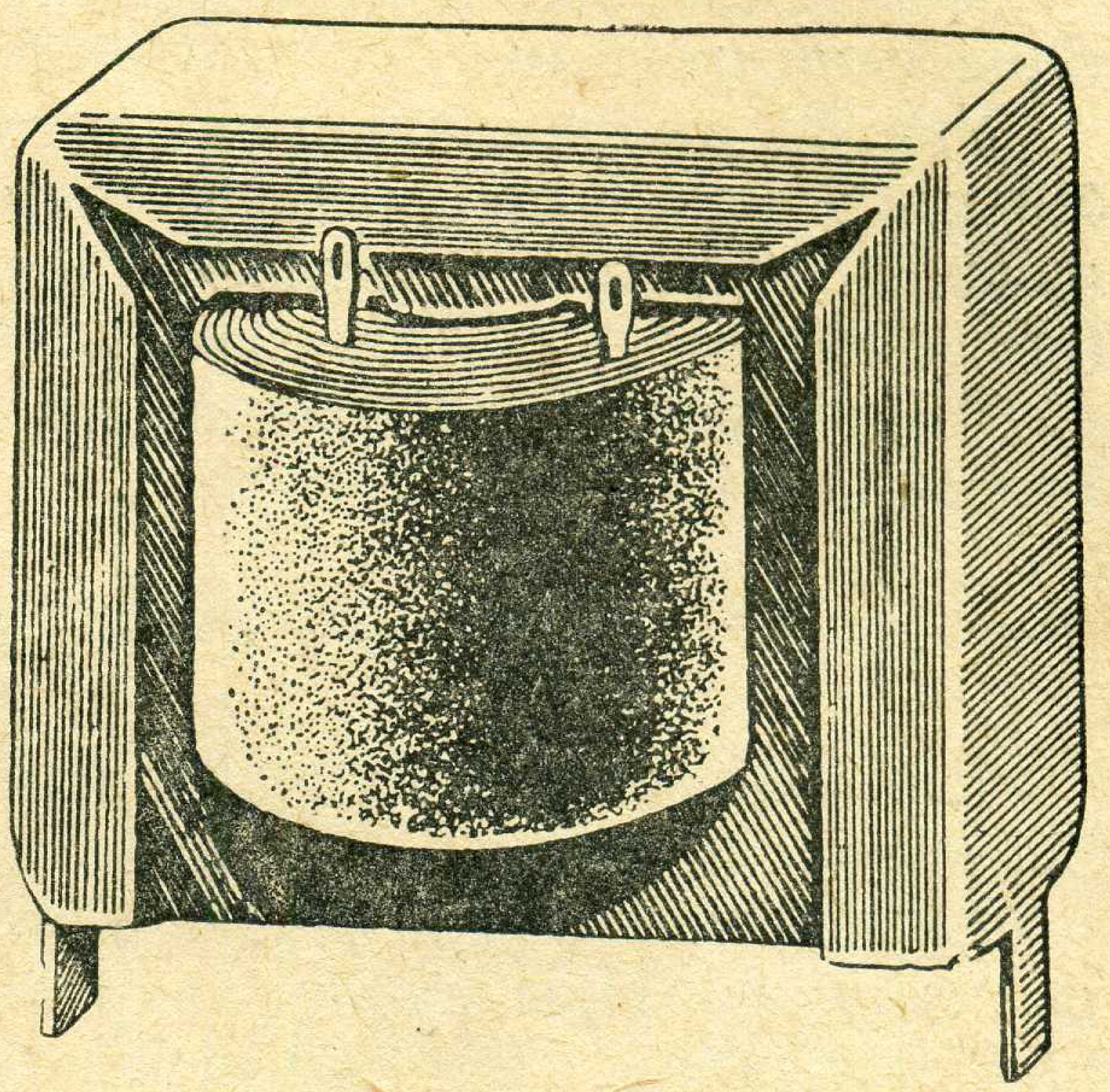
Рыс. 186. Схема лямпавага выпрамляльніка без трансфарматара.

дуць па гадзіннікавай стрэлцы. Пры ўключэнні лямпы ў схему абодва аноды злучаюць паміж сабою і лямпа працуе як аднаанодны кенатрон. Для таго каб напал кенатрона можна было жывіць ад сеткі электраасвятлення, паслядоўна ўключаецца лямпа напальвання магутнасцю 75 *вт*, пры напружанні сеткі 127 *в* або 100 *вт* — пры 220 *в*, якая выконвае ролю рэастата (паглынае лішак напружання). Замест лямпы можна выкарыстаць драцяны рэастат супраціўленнем 202 *ом* на ток да 1 *а* (для сеткі 127 *в*) або 357 *ом* на ток да 1 *а* (для сеткі 220 *в*). Катод кенатрона злучан з сілавым дроселем фільтра *Др*. Ён складаецца з жалезнага сардэчніка і катушкі з вя-

лікай колькасцю віткоў (ад 3000 да 12 000 віткоў), ізаляванага проваду дыяметрам ад 0,15 да 0,3 *мм* (у залежнасці ад току, спажываемага нагрузкай). Ад абмоткі вонкі зроблены два вывады (рыс. 188) для прыпайкі мантажных праваднікоў. Дросель фільтра можна замяніць супраціўленнем $R = 5\,000$ *ом*, разлічаным на ток 10—15 *ма*.

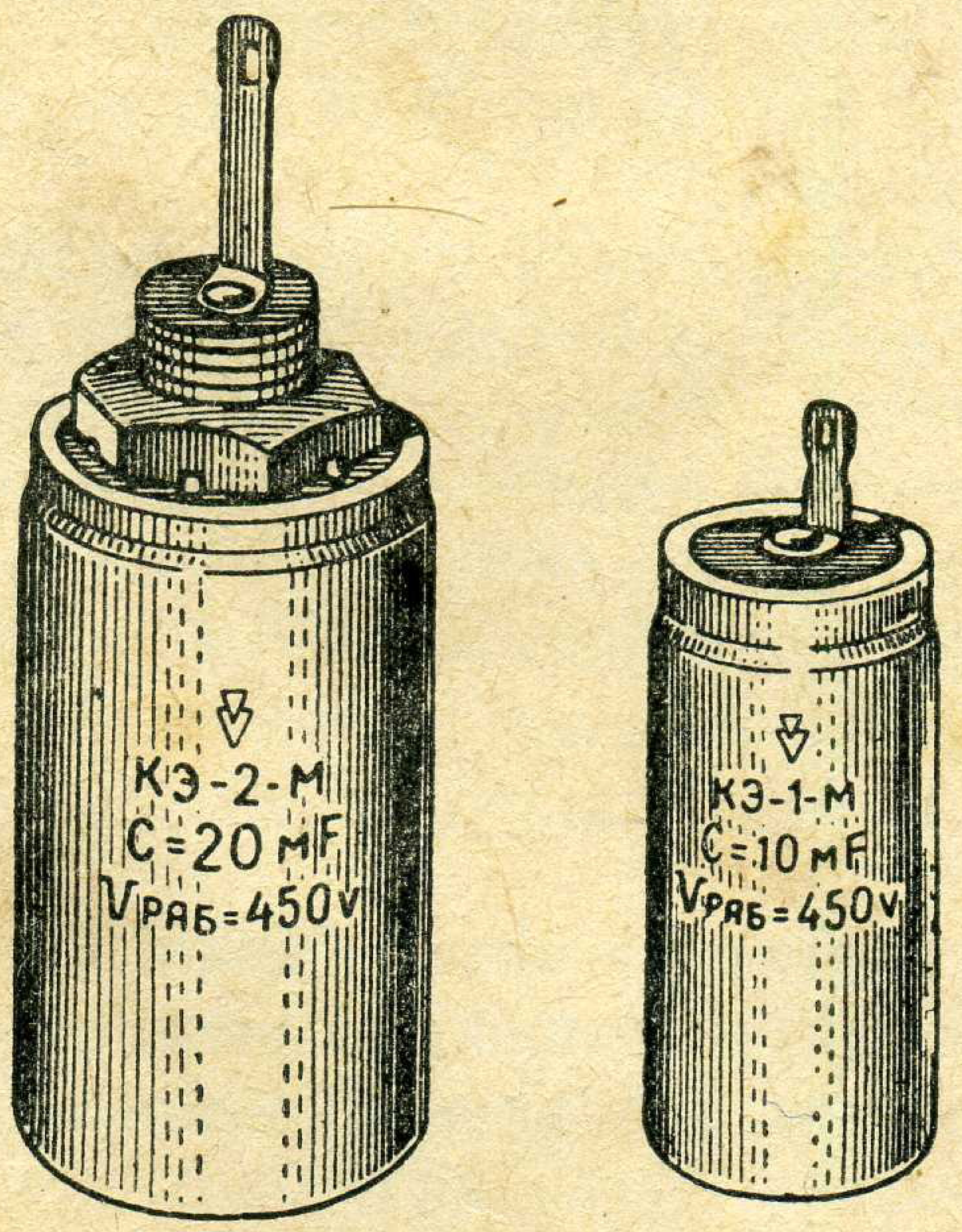


Рыс. 187. Выпрамляльная лямпа тыпу 6Ц5С: *а* — знешні выгляд, *б* — схема, *в* — цакалёўка.



Рыс. 188. Сілавы дросель.

У фільтры выкарыстоўваюцца электрычныя кандэнсатары (рыс. 189) пастаяннай ёмкасці. У такіх кандэнсатарах адной абкладкай з'яўляецца алюмініевая фольга, другой — электраліт. Слой вокісу, які пакрывае алюмініевую пласцінку, з'яўляецца



Рыс. 189. Электралітычныя кандэнсатары.

Рыс. 190. Супраціўленне, пакрытае шклом.

дыэлектрыкам. Таўшчыня яго вымяраецца ў мікронах, таму кандэнсатар уладае вялікай ёмкасцю на адзінку плошчы абкладак. Слой вокісу мае аднабаковую праводнасць, таму пры ўключэнні электралітычнага кандэнсатара ў схему трэба захоўваць указаную на ім палярнасць. Корпус кандэнсатара злучаюць з мінусам крыніцы, а вывад зверху — з плюсам.

Для ўжывання ў ланцугах пераменнага току гэтыя кандэнсатары непрыгодныя.

Уваход выпрамляльніка злучаецца праз засцерагальнікі і рубільнік з сеткай пераменнага току. Да выхаду выпрамляльніка далучаюць нагрузачнае супраціўленне, пакрытае шклом, $R = 6000$ *ом* (рыс. 190).

Выпрамленае напружанне на нагрузцы будзе менш за напружанне сеткі.

Выкананне работы

1. Азнаёмцеся з дэталямі і прыборамі, дадзенымі для работы. Запішыце іх даныя.

2. Збярыце лямпавы выпрамляльнік па схеме, паказанай на рысунку 186. Пры зборцы звяртайце ўвагу на надзейнасць выкананых злучэнняў. Правады шчыльна зажымайце пад гайкамі або галоўкамі зажымаў. Злучэнне правадоў або шнуроў старанна ізалюйце ізаляцыйнай лентай.

3. К выхаду выпрамляльніка падключыце супраціўленне $R_н$, пакрытае шклом (нагрузку).

4. Пасля зборкі схему пакажыце для праверкі настаўніку.

5. Атрымаўшы дазвол настаўніка, устаўце ў лямпавую панельку кенатрон 6Ц5С. Затым уключыце рубільнік і, назіраючы за напалам катода, пачакайце 2—3 мінуты, пакуль ён разагрэецца.

6. Вымерайце напружанні. Пры вымярэннях патрэбна карыстацца шчупамі з ізаляванымі ручкамі, каб не датыкацца рукамі да аголеных правадоў, кантактаў і зажымаў.

7. Спачатку вольтметрам магнітаэлектрычнай сістэмы падключыцеся да пунктаў 3—4. Стрэлка вольтметра будзе злёгку вагацца адносна нулявога становішча, таму што да гэтых пунктаў падведзена напружанне пераменнага току. Для праверкі вымерайце напружанне паміж гэтымі пунктамі вольтметрам электрамагнітнай сістэмы.

8. Вымерайце першым вольтметрам напружанне паміж пунктамі 5—7. Яго стрэлка адхіліцца ад нуля і пакажа выпрамленае напружанне, але будзе дрыжаць, таму што да фільтра пульсацыі напружання даволі вялікія.

9. Вымерайце напружанне на нагрузцы ў пунктах 7—8. Стрэлка прыбора пакажа значэнне выпрамленага напружання на нагрузцы.

10. Паказанні прыбораў пры кожным вымярэнні запішыце ў сшытак.

11. Закончыўшы вымярэнні, выключыце рубільнік і разбярыце схему; усе дэталі складзіце на рабочым стале.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Мантажная схема выпрамлення.
3. Кароткае апісанне прызначэння дэталей і агульная характарыстыка выпрамляльніка.
4. Кароткі пералік этапаў выканання работы.
5. Рэзультаты вымярэнняў і вывады.

Кантрольныя пытанні

1. Растлумачце працэсы, якія адбываюцца ў схеме аднапаўперыяднага выпрамлення.
2. Які тып кенатрона ўжыты ў схеме, яго асноўныя даныя і як ён уключаецца ў схему?
3. Як жывіцца ланцуг напалу кенатрона ў схеме найпрасцейшага выпрамляльніка?
4. Для чаго прызначан фільтр у выпрамляльніку і з якіх элементаў ён складаецца?
5. Якія кандэнсатары ўжываюцца ў фільтры выпрамляльніка і якая іх будова?
6. Якія вымярэнні выконваліся пры практычным вывучэнні работы выпрамляльніка?

Работа 26. **Зборка і выпрабаванне лямпавага выпрамляльніка з трансфарматарам**

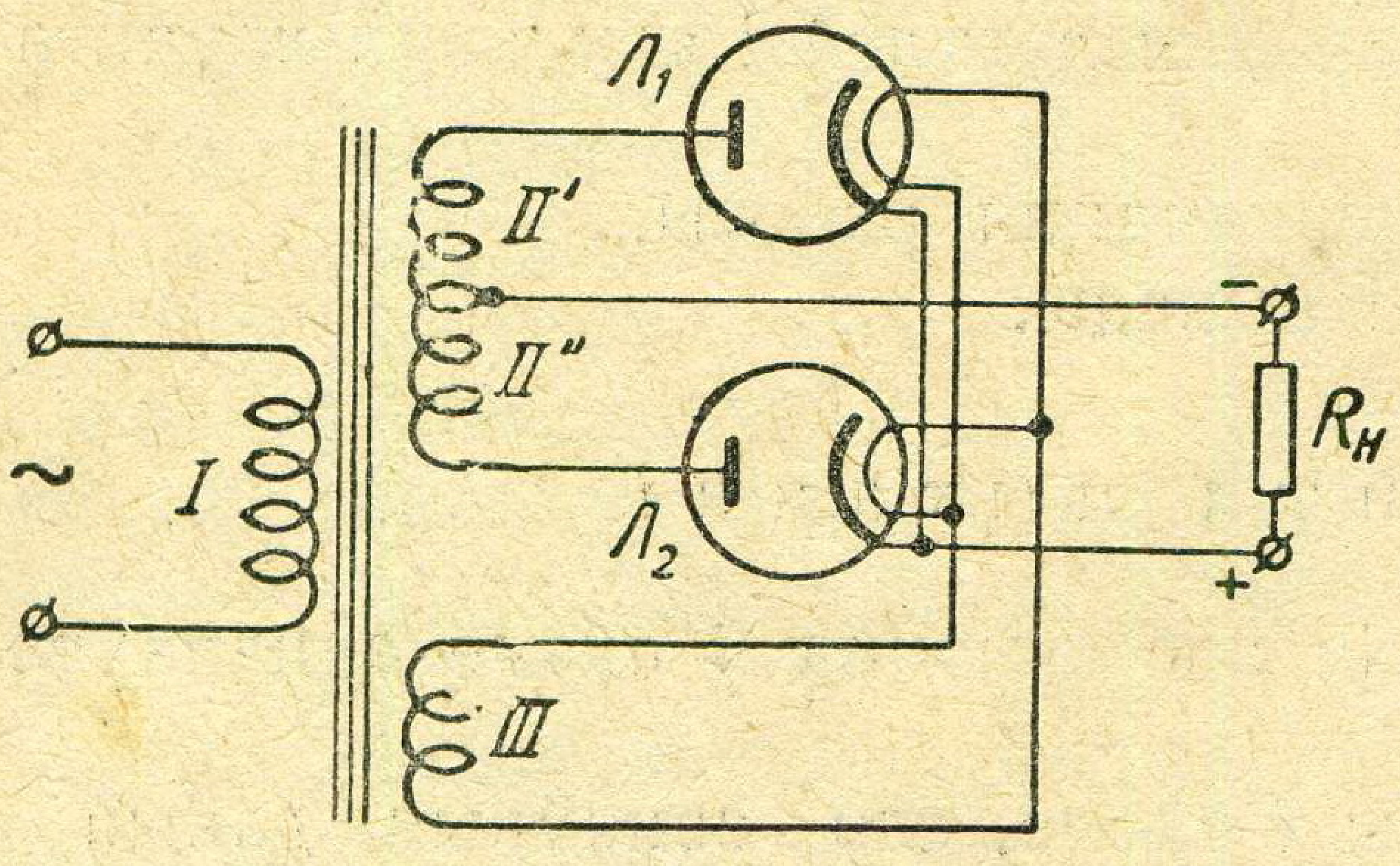
Мэта работы. Сабраць з гатовых дэталей выпрамляльнік на кенатроне з трансфарматарам і выпрабаваць яго ў рабоце.

Прыборы, абсталяванне і інструменты: 1) сілавы трансфарматар тыпу ЭЛС-2, 2) сілавы дросель любога тыпу, 3) электралітычныя кандэнсатары ёмкасцю 10 *мкф* на напружанне 450 *в* —2 шт., 4) шнур са штэпсельнымі вілачкамі для ўключэння трансфарматара ў сетку, 5) электронная лямпа тыпу 5Ц4С, 6) вольтметр магнітаэлектрычнай сістэмы са шкалой 0—300 *в*, 7) вольтметр электрамагнітнай сістэмы са шкалой 0—300 *в*, 8) нагрузачнае супраціўленне, пакрытае шклом, 6000 *ом* на ток 0,1 *а*, 9) адвёртка, пласкагубцы, электрапаяльнік, 10) прыпой і флюс для пайкі; 11) злучальныя правады, 12) ізаляцыйная стужка.

Тэарэтычныя звесткі

Для жыўлення сучасных радыёпрыёмнікаў, узмацняльнікаў і іншых падобных прыбораў ужываюць кенатронныя выпрамляльнікі, якія працуюць па схеме двухпаўперыяднага выпрамлення. У такім выпрамляльніку можа працаваць двуханодны кенатрон. Схему таксама можна сабраць на аднаанодных кенатронах, але тады іх павінна быць два. У гэтым выпадку анод аднаго кенатрона

злучаюць з адным канцом павышальнай абмоткі трансфарматара, а анод другога — з другім канцом той жа абмоткі. Ніці напалу ўключаюцца паралельна і катоды злучаюцца разам. Такія схемы (рыс. 191) ужываюцца пры жыўленні радыёперадаючых канструкцый, магутных узмацняльнікаў і іншых падобных установак.



Рыс. 191. Схема двухпаўперыяднага выпрамляльніка (без фільтра) з асобнымі аднаанoднымі кенатронамі.

Пры зборцы кенатроннага выпрамляльніка з павышальным трансфарматарам неабходна сачыць за тым, каб напружанне, падаваемае ад трансфарматара на аноды кенатрона, не перавышала б дапушчальнага значэння для дадзенага тыпу кенатрона.

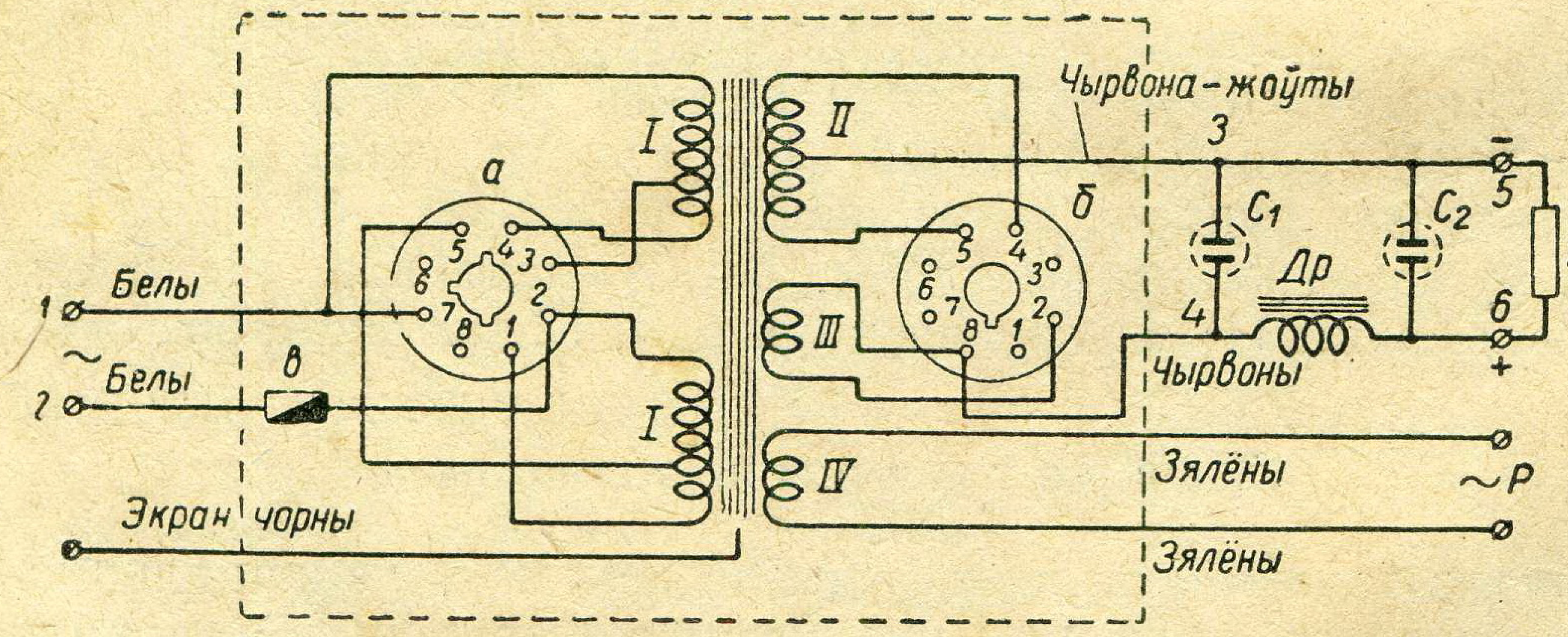
Пры павышаных напружаннях можа адбыцца прабой кенатрона. Унутры паміж электродамі будуць праскокваць іскры і ток пачне ісці ад катода да анода, што прывядзе ў непрыгоднасць кенатрон і ўвесь выпрамляльнік.

Выбар кенатронаў робіцца па даведачных табліцах у залежнасці ад пераменнага напружання ўтарычнай павышальнай абмоткі трансфарматара і неабходнага значэння выпрамленага току[1].

Апісанне схемы выпрамляльніка

Прынцыповая схема двухпаўперыяднага лямпавага выпрамляльніка паказана на рысунку 192.

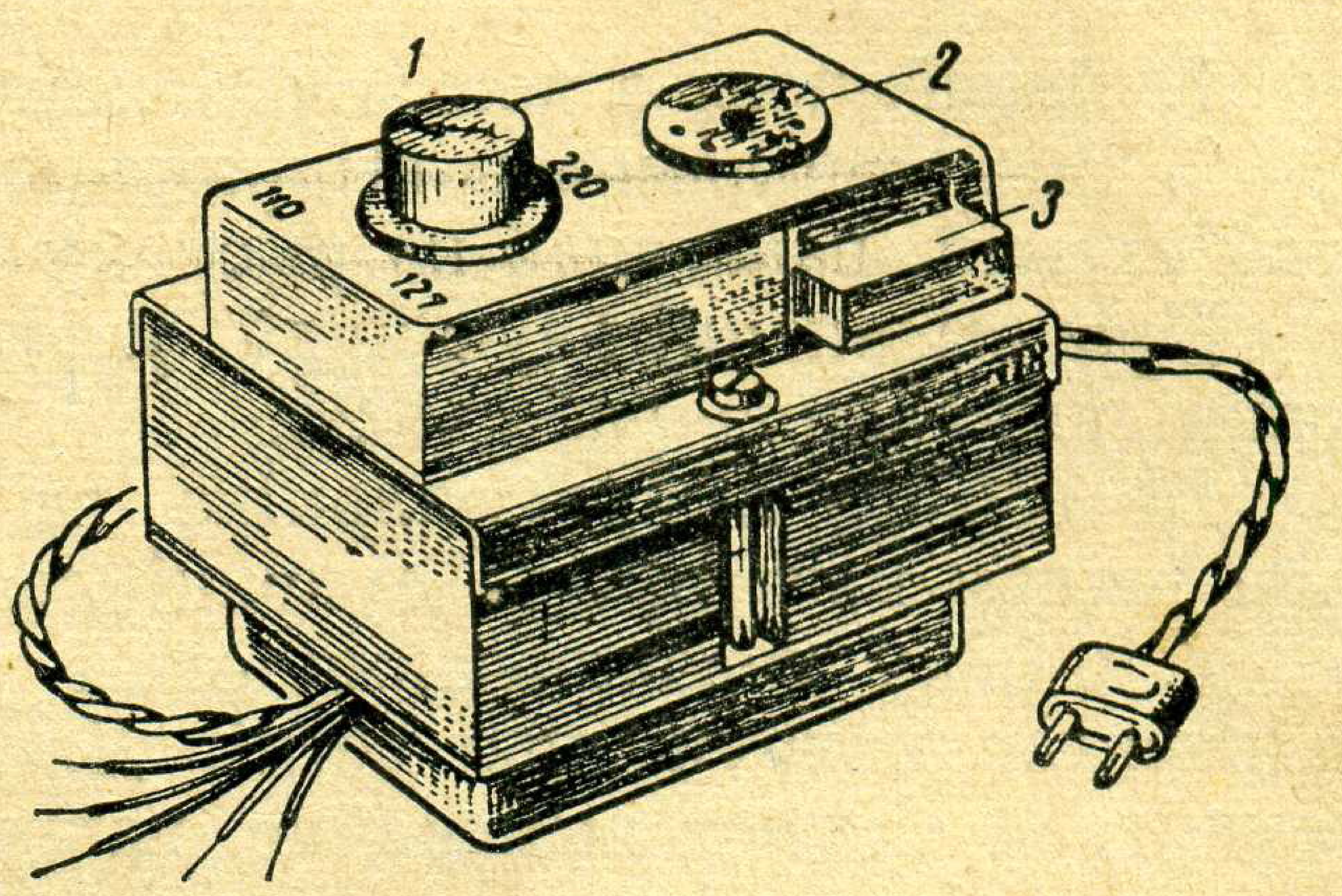
Левая частка схемы, абведзеная пункцірам, прадстаўляе электрычную схему павышальнага трансфарматара тыпу ЭЛС-2. Яго агульны выгляд паказан на рысунку 193.



Рыс. 192. Схема выпрамляльніка з трансфарматарам тыпу ЭЛС-2.

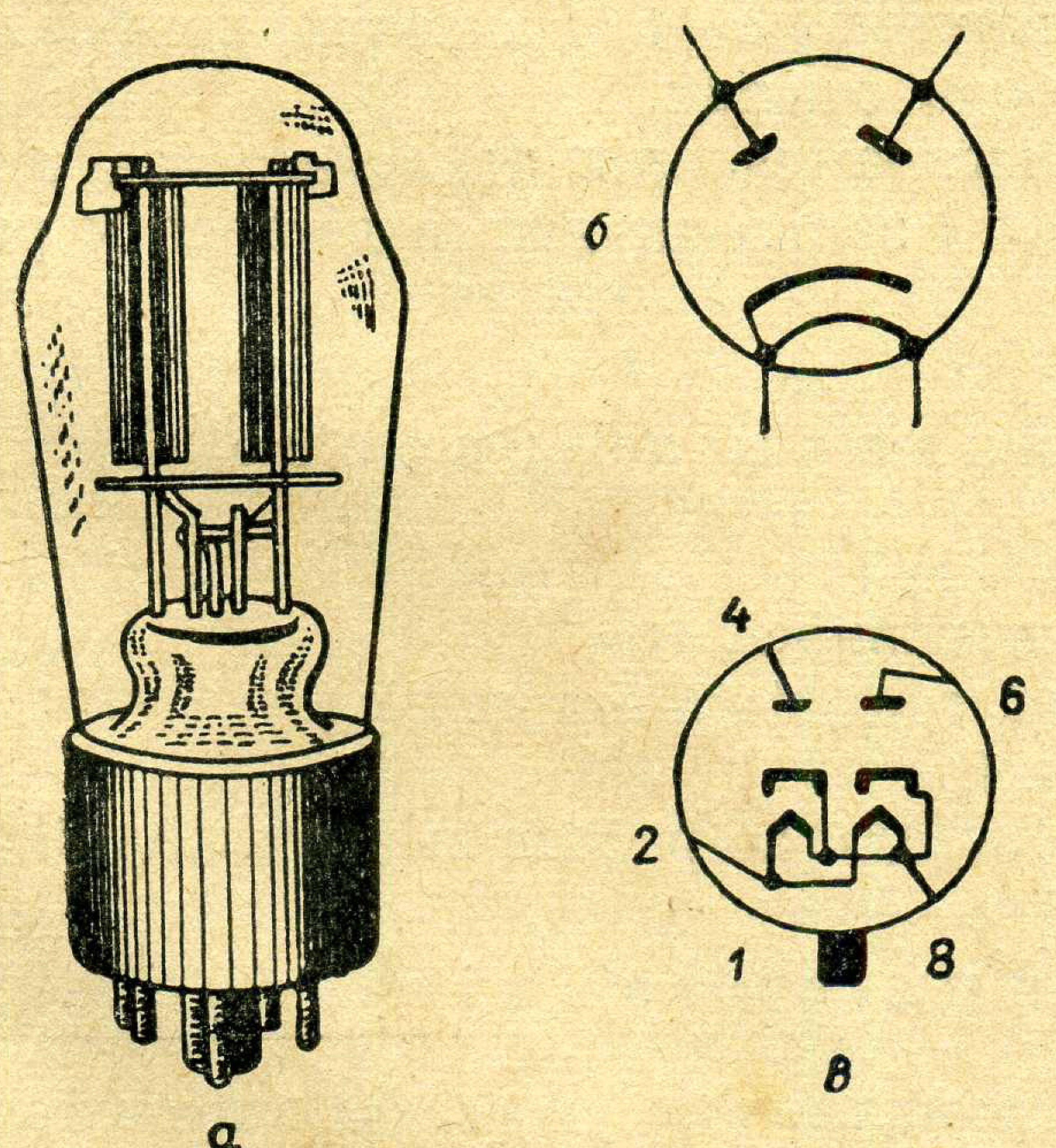
[1] Даведачная табліца дадзена ў кнізе Б. Абрамава «Лямпы для радыёвяшчальных і тэлевізійных прыёмнікаў», Дзяржэнергавыдавецтва, 1955, стар. 27.

Гэты трансфарматар разлічан на ўключэнне ў сетку пераменнага току з напружаннем 220—127—110 *в*, з частатой 50 *гц*. Ён змешчан у жалезны экран, на верхнім баку якога размешчаны дзве лямпавыя панелькі. Адна з іх (на рыс. 192, *а*) прызначана для фішкі пераключэння сеткі на тры напружанні, а другая (на рыс. 192, *б*) для выпрамляльнай лямпы — кенатрона. Збоку знаходзіцца плаўкі засцерагальнік, закрыты жалезнай накрыўкай. У ніжнім экране ёсць адтуліна, праз якую праходзіць вонкі сем вывадных праваднікоў ад абмоткі. Пярвічная абмотка секцыянаваная. Ад яе выведзены праваднікі (рыс. 192) *1—2*, афарбаваныя ў белы колер, яны злучаюцца са шнурам, які заканчваецца штэпсельнымі вілачкамі, прызначанымі для ўключэння ў сетку. Утарычная абмотка — павышальнае напружанне. Сярэдні пункт абмоткі выведзен праваднікам *3* у чырвона-жоўтай аплётцы (— выпрамленага напружання). Абмотка *III* напалу кенатрона падключана да лямпавай панелькі *б*. З яе здымаецца напружанне 5 *в* пры току 2 *а*. Ад абмоткі выведзен вонкі праваднік *4* у чырвонай аплётцы (+ выпрамленага напружання). Абмотка *IV* мае зялёныя вывады і служыць для напалу лямп прыёмніка. З абмоткі здымаецца напружанне 6,3 *в* пры току 3,5 *а*. Да абмоткі можна падключыць кантрольную лямпачку на 6,3 *в* або дзве паслядоўна злучаныя лямпачкі ад кішэннага ліхтара. Магутнасць трансфарматара да 70 *вт*.



Рыс. 193. Сілавы трансфарматар тыпу ЭЛС-2; *1* — фішка пераключэнняў, *2* — панелька для выпрамляльнай лямпы, *3* — засцерагальнік.

Да чырвонага і чырвона-жоўтага праваднікоў далучаецца фільтр, які складаецца з кандэнсатараў C_1, C_2 і сілавога дроселя *Др*. Даныя гэтых дэталей вядомы па рабоце 25. На выхадзе фільтра ўключаюць пакрытыя шклом нагрузачныя супраціўленні 6000 *ом*.



Рыс. 194. Выпрамляльная лямпа тыпу 5Ц4С: *а* — знешні выгляд, *б* — схема, *в* — цакалёўка.

У выпрамляльніку ўжыта электронная лямпа тыпу 5Ц4С. Гэта двуханодны кенатрон з ускосным напалам.

Знешні выгляд, схема і цакалёўка лямпы дадзены на рысунку 194.

Выкананне работы

1. Азнаёмцеся з дэталямі і прыборамі, дадзенымі для работы.
2. Збярыце лямпавы выпрамляльнік, карыстаючыся прынцыповай схемай, паказанай на рысунку 192.

Пры выкананні злучэнняў улічваць указанні, дадзеныя ў апісанні выканання работы 25.

Да выхаду выпрамляльніка, за фільтрам, падключыць пакрытае шклом нагрузачнае супраціўленне.

3. Фішку пераключэння сеткі ўстанавіце ў становішча, якое адпавядае напружанню сеткі. Для гэтага вольтметрам электрамагнітнай сістэмы вымерайце напружанне ў разетцы або на зажымах рабочага шчытка, да якіх падведзены правады сеткі.
4. Устаўце лямпу ў панельку, якая размешчана зверху экранага кожуха трансфарматара.
5. Сабраны выпрамляльнік пакажыце для праверкі настаўніку.
6. Атрымаўшы дазвол настаўніка, уключыце вілачкі шнура ў сетку і назірайце за катодамі кенатрона. Яны павінны павольна распальвацца да цёмна-чырвонага напалу.
7. Карыстаючыся вольтметрамі (як было дадзена ў апісанні выканання папярэдняй работы), праверце работу выпрамляльніка. Для вымярэння напружання пераменнага току патрэбна падключыцца да зажымаў *1—2*, для вымярэння выпрамленага пульсуючага напружання — да пунктаў *3—4* і для вымярэння выпрамленага напружання на нагрузцы — да зажымаў *5—6*. Паказанні прыбораў пры вымярэннях запісаць у рабочы сшытак.
8. Закончыўшы вымярэнні, выпрамляльнік адключыце ад сеткі. Замалюйце мантажную схему і запішыце даныя дэталей у рабочы сшытак.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Мантажная схема выпрамляльніка.
3. Кароткая характарыстыка трансфарматара.
4. Апісанне выканання зборкі.
5. Рэзультаты вымярэнняў. Вывады аб рабоце выпрамляльніка.

Кантрольныя пытанні

1. Для чаго ў лямпавым выпрамляльніку ўжываецца трансфарматар?
2. Як робіцца ўключэнне трансфарматара ў сетку ў залежнасці ад напружання сеткі?

3. Як робіцца праверка дзеяння выпрамляльніка?

4. У чым заключаецца перавага выпрамляльніка, сабранага па двюхпаўперыяднай схеме, у параўнанні з выпрамляльнікам, які працуе па аднапаўперыяднай схеме?

5. На якое напружанне сеткі можна ўключыць выпрамляльнік з трансфарматарам тыпу ЭЛС-2?

6. Якое напружанне было пры вымярэнні да фільтра і на нагрузцы? Чаму існуе розніца паміж гэтымі напружаннямі?

Работа 27. **Зборка і выпрабаванне аднакаскаднага ўзмацняльніка нізкай частаты**

Мэта работы. Сабраць з гатовых дэталей просты ўзмацняльнік нізкай частаты, карыстаючыся прынцыповай схемай, і выпрабаваць яго ў рабоце.

Прыборы і абсталяванне: 1) электронная лямпа тыпу 1К1П, 1Б1П, 2К2М, 6К7 або 6Ж7, 2) лямпавая панелька на дошчачцы з вываднымі зажымамі, 3) супраціўленне $R = 0{,}2$—$0{,}5$ *мгом*, 4) тры драўляныя панелькі: адна з зажымамі і трымальнікамі для ўключэння супраціўлення, другая з зажымамі і гнёздамі для ўключэння тэлефона і трэцяя з зажымамі для ўключэння крыніц жыўлення, 5) рэастат напалу супраціўленнем $R_н = 10$ *ом* на ток 0,1 *а*, 6) электрамагнітныя тэлефоны (або электрамагнітны гучнагаварыцель), 7) зумер з батарэйкай і кнопкай для замыкання ланцуга, 8) патэфон з пласцінкамі і п'езаэлектрычны гуказдымальнік, 9) крыніцы жыўлення пры лямпах тыпаў 1К1П, 1Б1П або 2К2М: для напалу адзін элемент тыпу 3С, для анода батарэя БАС-80, пры лямпах астатніх тыпаў кенатронны выпрамляльнік.

Тэарэтычныя звесткі

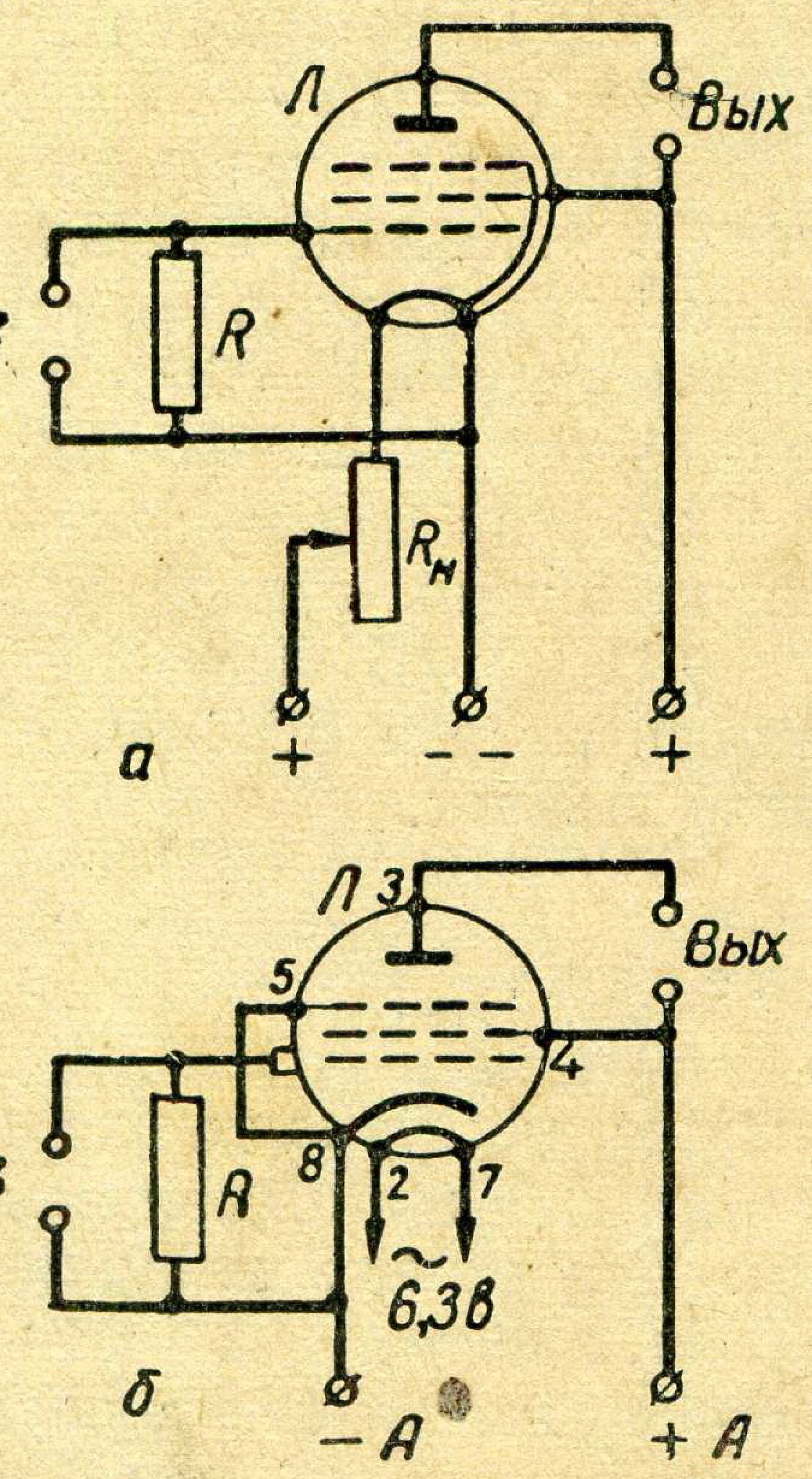
Узмацняльнікі нізкай частаты ўжываюцца для ўзмацнення напружання або магутнасці да велічыні, неабходнай для прывядзення ў дзеянне тэлефонаў або гучнагаварыцеля. У сучасных узмацняльніках ужываюцца не толькі трохэлектродныя, але таксама і многаэлектродныя лямпы пентоды, якія маюць большы каэфіцыент узмацнення і большае значэнне крутасці характарыстыкі (S пентодаў, 4,8—7,5, тады як у трыёдаў S = 1,55 да 5).

Электронная лямпа і дэталі, якія адносяцца да яе, працуючыя ў схеме ўзмацнення, называюцца каскадам або ступенню ўзмацнення. Самыя простыя ўзмацняльнікі нізкай частаты складаюцца з адной ступені. У радыёпрыёмніках і ў рознай іншай апаратуры (у гукавым кіно, у тэлевізарах і да т. п.) часта ўжываюцца ўзмацняльнікі многакаскадныя, якія маюць тры або чатыры ступені ўзмацнення. Апошняя ступень, у якую ўключаецца нагрузка, называецца ўзмацняльнікам магутнасці. Усе папярэднія ступені носяць назву ступеней узмацнення напружання.

Ад узмацняльніка нізкай частаты патрабуецца, каб ён не ўносіў прыкметных скажэнняў ва ўзмацняемую перадачу. Для гэтага неабходна стварэнне нармальнага рэжыму работы ўзмацняльнай лямпы, што дасягаецца выбарам аноднага напружання і падачай на сетку лямпы невялікага пастаяннага адмоўнага напружання.

Апісанне схемы простага ўзмацняльніка нізкай частаты

Просты ўзмацняльнік нізкай частаты можна сабраць па схеме, паказанай на рысунку 195, *а*, з лямпай прамога напалу аднаго з тыпаў: 1К1П, 1Б1П, 2К2М або 2Ж2М. Другая схема ўзмацняльніка на лямпе з падагрэўным катодам тыпу 6К7 або 6Ж7 паказана на рысунку 195, *б*. Гэта пяціэлектродныя лямпы — пентоды. Іх цакалёўкі дадзены на рысунку 196. Паміж сеткай і катодам у абедзвюх схемах уключана недрацяное пастаяннае супраціўленне тыпу ВС або ТО (рыс. 197). Супраціўленне ВС складаецца з фарфоравага стрыжанька або трубачкі, пакрытых праводзячым тонкім слоем вуглярода, які мае засцерагальнае пакрыццё з ізалюючага вільгацястойкага лаку. Па канцах трубачкі замацаваны кантактавыя вывады, пры дапамозе якіх супраціўленні прыпайваюцца пры мантажы схемы. Пастаянныя супраціўленні адрозніваюцца па велічыні электрычнага супраціўлення, па магутнасці і па рабочаму напружанню. Магутнасць супраціўлення ўказваюць на схемах, ужываючы ўмоўныя абазначэнні, паказаныя на рысунку 198.

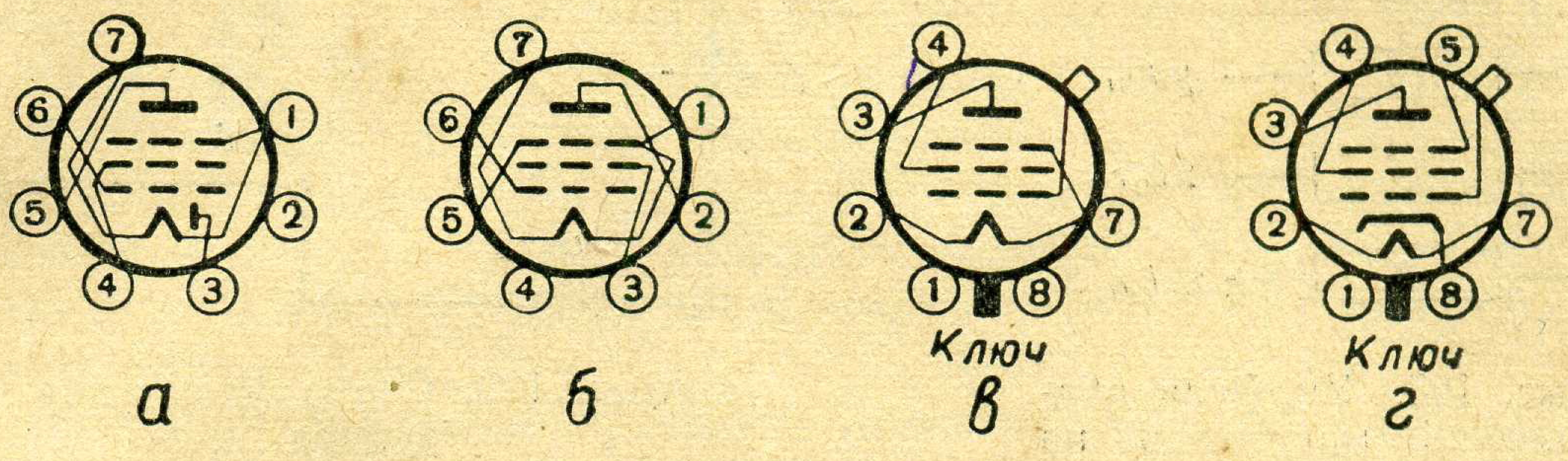


Рыс. 195. Схемы простых узмацняльнікаў нізкай частаты: *а* — з лямпай прамога напалу, *б* — з лямпай ускоснага напалу.

Да выхаду ўзмацняльніка далучаюць электрамагнітныя тэлефоны. У ланцуг напалу ў першай са схем уключаюць рэастат, таму што лямпы 1К1П і 1Б1П працуюць пры напружанні на напале не большым 1,2 *в*, а лямпы 2К2М і 2Ж2М — не большым 2 *в*. Анодная батарэя павінна забяспечваць напружанне 80 *в*. У другой схеме жыўленне падаецца ад кенатроннага выпрамляльніка. Напал жывіцца пераменным токам пры напружанні 6,3 *в*. На анод падаюць напружанне ад 120 да 200 *в*. Пераменнае напружанне на ўваход узмацняльніка пры праверцы яго работы падаецца ад зумера, уключанага па схеме, паказанай на рысунку 199.

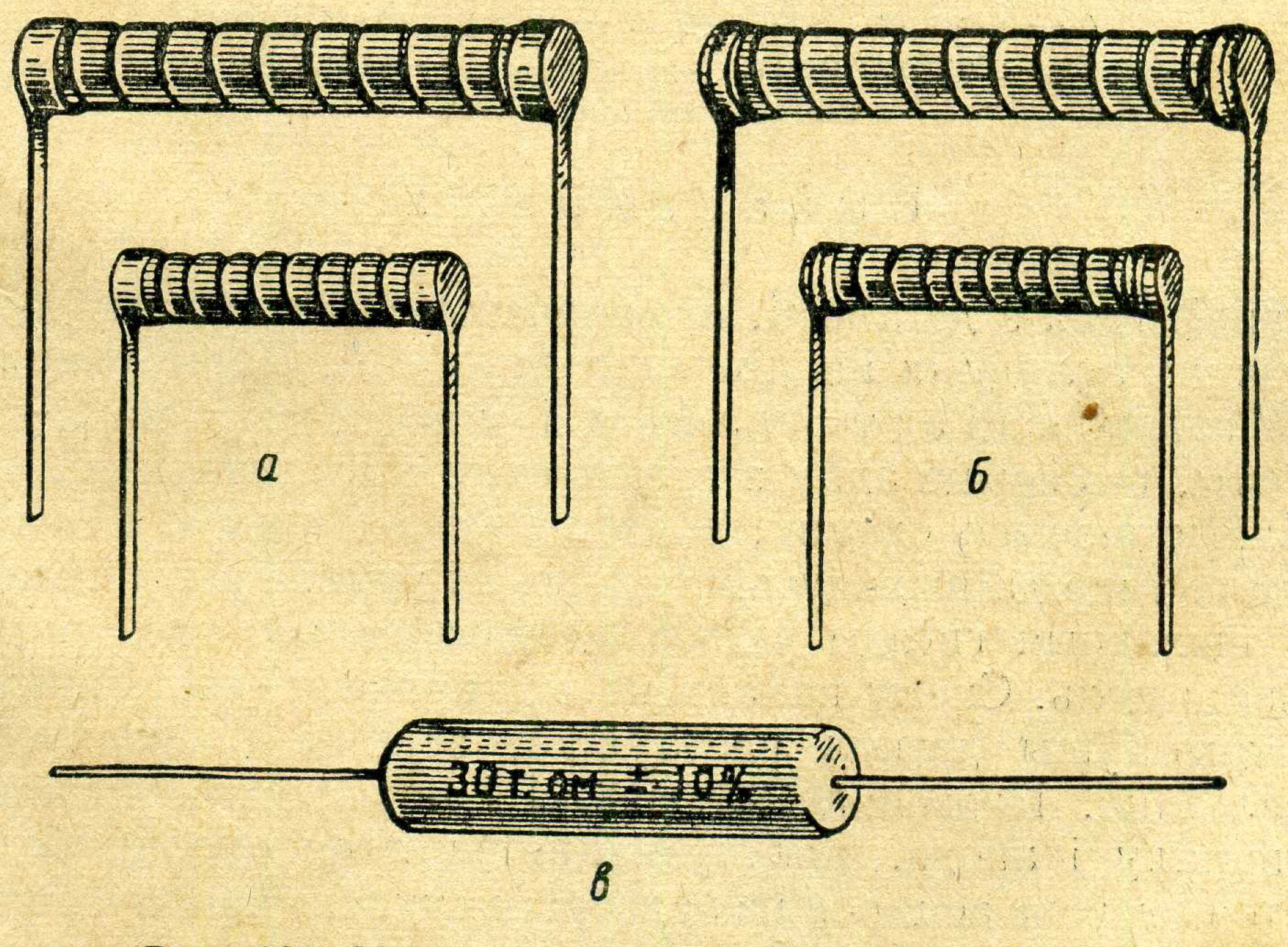
Ланцуг батарэі замыкаецца кнопкай *Р*. Правады *1—2* далучаюцца да выхаду ўзмацняльніка.

Для праверкі можна выкарыстаць патэфон з п'езаэлектрычным гуказдымальнікам. Гуказдымальнік (рыс. 200) складаецца з дзвюх пласцінак, выразаных з крышталяў, уладаючых п'езаэлектрычным

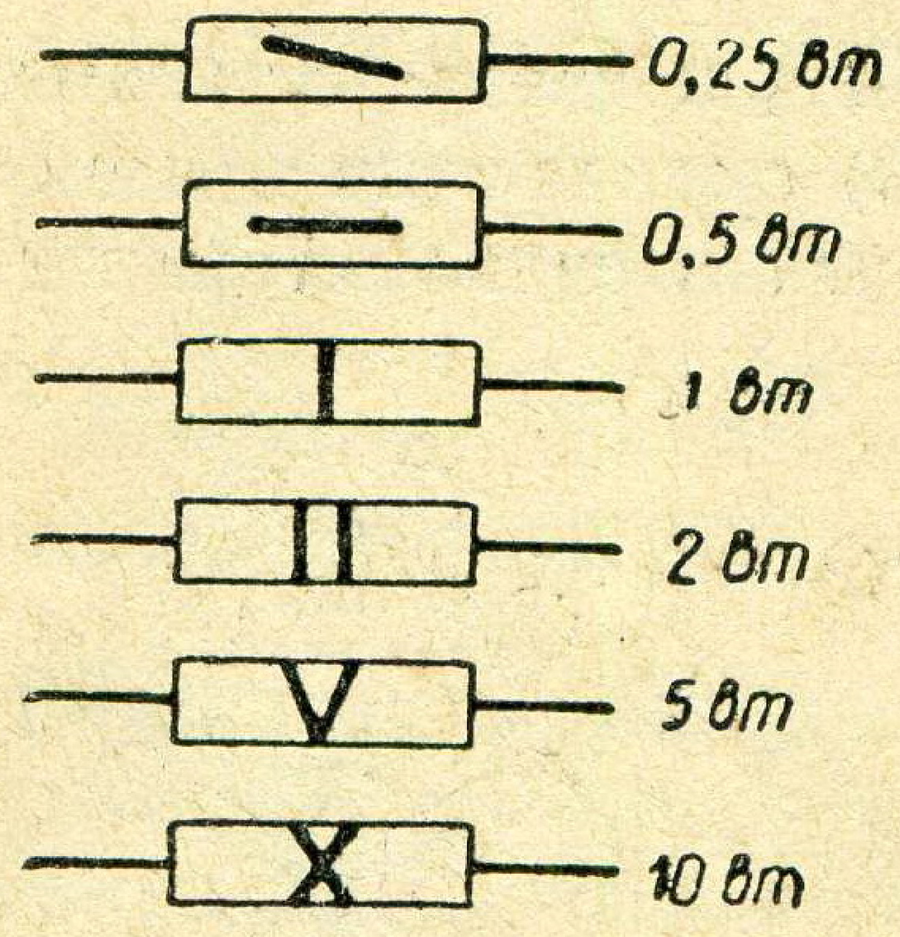


Рыс. 196. Цакалёўкі электронных лямп для ўзмацняльніка нізкай частаты: *а* — пальчыкавы дыёд-пентод 1Б1П, *б* — пальчыкавы пентод 1К1П, *в* — малагабарытныя пентоды 2К2М і 2Ж2М, *г* — металічныя пентоды з ускосным напалам 6К7 і 6Ж7.

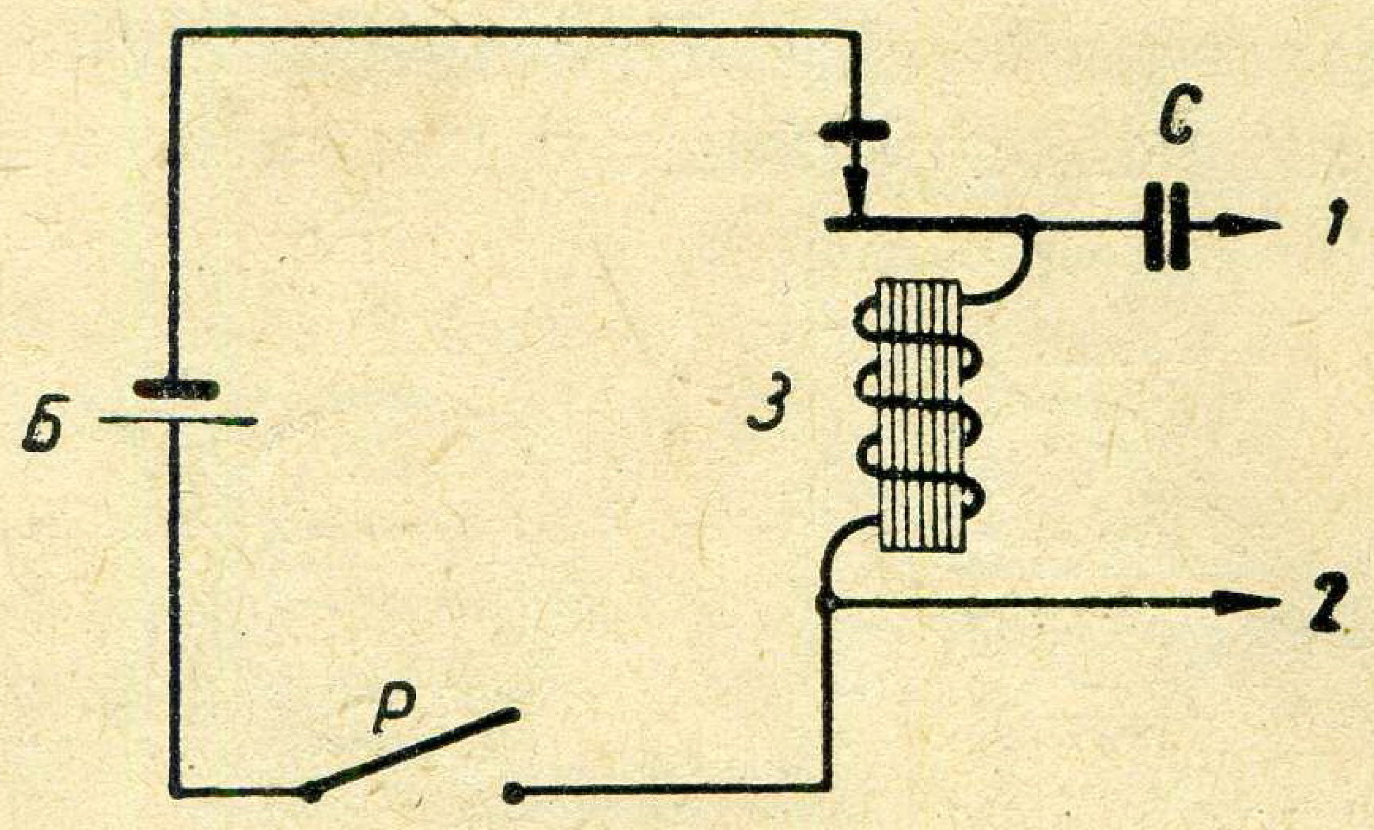
эфектам. Пры механічнай дэфармацыі гэтых пласцінак пры руху іголкі па баразне грамафоннай пласцінкі на паверхні крышталяў узнікаюць электрычныя зарады, якія змяняюцца. Паміж паверхнямі крышталяў утвараецца пераменная рознасць патэнцыялаў. Яе падаюць для ўзмацнення на ўваходныя зажымы ўзмацняльніка, г. зн. на сетку лямпы. Пры гэтым на выхадзе каскада, зажымах тэлефона (або гучнагаварыцеля), уключанага ў анодны ланцуг, утвараецца ўзмоцнены ток, які прыводзіць у дзеянне тэлефон.



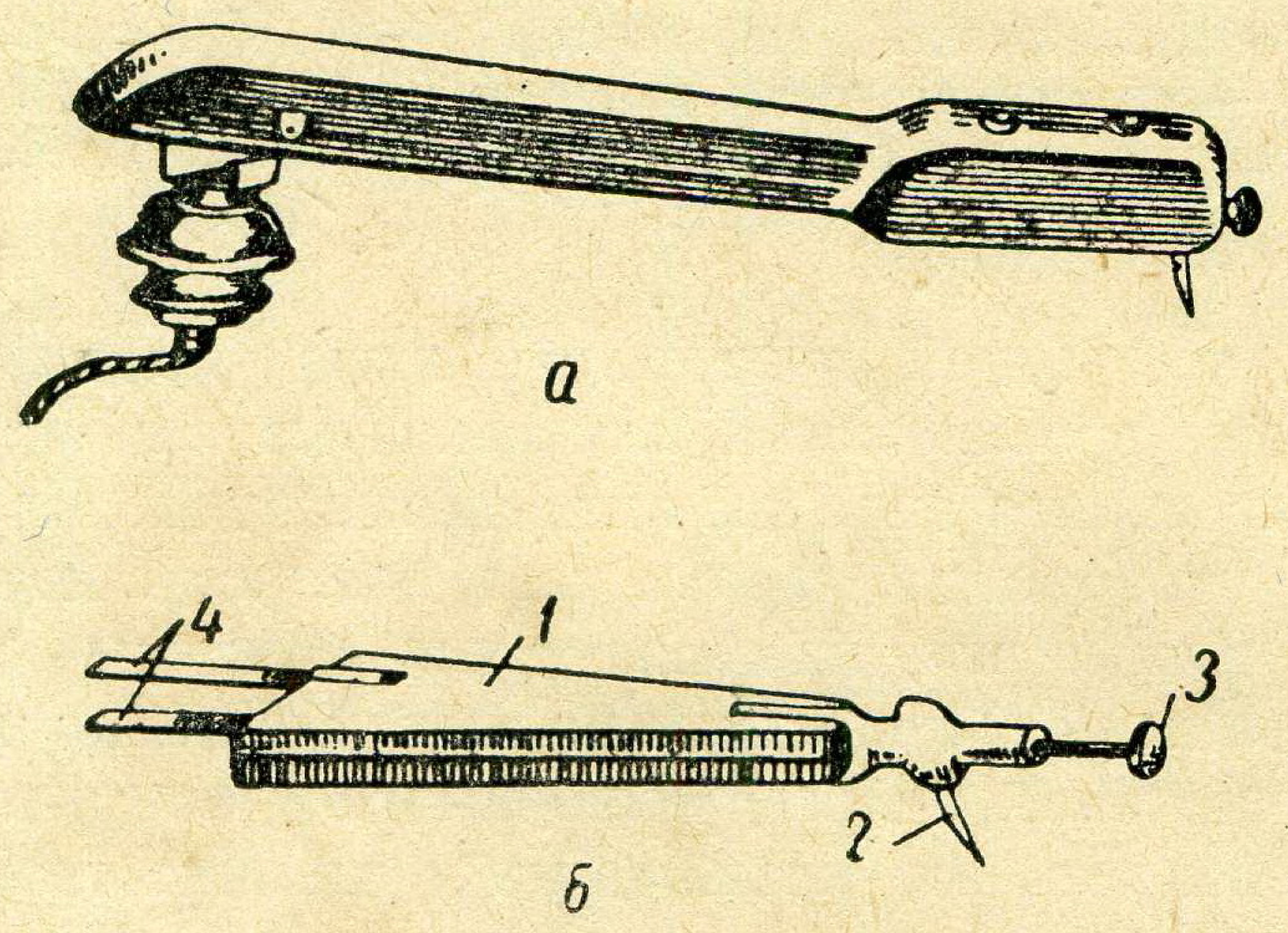
Рыс. 197. Недрацяныя супраціўленні: *а*, *б* — тыпу ВС, *в* — тыпу ТО.



Рыс. 198. Умоўныя абазначэнні магутнасці на супраціўленнях.



Рыс. 199. Схема ўключэння зумера.



Рыс. 200. П'езаэлектрычны гуказдымальнік: *а* — агульны выгляд, *б* — унутраная будова: *1* — п'езаэлемент, *2* — іголка, *3* — вінт, *4* — вывадныя кантакты.

Выкананне работы

1. Азнаёмцеся з дэталямі, прызначанымі для зборкі ўзмацняльніка, шляхам агляду іх і запішыце тып лямпы. Нарысуйце яе цакалёўку. У залежнасці ад тыпу лямпы і крыніц жыўлення, дадзеных для работы, выберыце адну з дзвюх схем узмацняльніка.

2. Карыстаючыся схемай, збярыце ўзмацняльнік нізкай частаты. Падключыце да выхаду праваднікі ад зумера або гуказдымальніка. У выхадныя гнёзды ўключыце тэлефон або электрамагнітны гучнагаварыцель. Схему пакажыце для праверкі настаўніку.

3. Атрымаўшы дазвол настаўніка, зрабіце праверку дзеяння ўзмацняльніка. Надзеньце навушнікі і падключыце крыніцы жыўлення напалу і анода. Калі ўзмацняльнік працуе на батарэйнай лямпе, то патрэбна асцярожна падабраць ступень напалу, рэгулюючы ток рэастатам так, каб напружанне напалу не перавышала дапушчальнага значэння. Затым датыкніцеся пальцам да выхаднога

зажыма, злучанага з сеткай лямпы. У тэлефоне павінен быць чутны характэрны свіст.

4. Замкніце кнопку *P* у ланцугу зумера. У навушніках павінен быць чутны гук зумера. Перыядычна націскаючы і адпускаючы кнопку *P*, пераканайцеся ў тым, што ўзмацняльнік працуе.

5. Калі ў рабоце выкарыстоўваецца п'езаэлектрычны гуказдымальнік, то спачатку пусціце ў ход патэфон з укладзенай на ім пласцінкай, а затым устанавіце гуказдымальнік на пласцінку. Пры гэтым патрэбна асобная асцярожнасць, таму што крышталік вельмі крохкі і пры неакуратным апусканні гуказдымальніка на пласцінку можа трэснуць і выйсці са строю. Пры прайграванні пласцінкі з тэлефонаў, надзетых на вушы (або з гучнагаварыцеля), павінны чуцца гукі.

6. Закончыўшы праверку работы ўзмацняльніка, адключыце крыніцы жыўлення і зарысуйце мантажную схему з уключанымі зумерам і тэлефонамі. Запішыце ў сшытак даныя крыніц жыўлення, тып лямпы, кароткую характарыстыку схемы.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Мантажная або поўная прынцыповая схема ўстаноўкі (узмацняльнік з уключаным зумерам, тэлефонам і крыніцамі жыўлення).
3. Кароткая характарыстыка ўзмацняльніка.
4. Кароткае апісанне паслядоўнасці выканання работы.

Кантрольныя пытанні

1. З якіх дэталей складаецца просты ўзмацняльнік нізкай частаты?
2. Як прачытаць цакалёўку лямпы, ужытай ва ўзмацняльніку нізкай частаты?
3. Якая крыніца пераменнага напружання ўжываецца для падачы на ўваход узмацняльніка і якая яго будова?
4. У чым заключаецца праверка работы ўзмацняльніка нізкай частаты?
5. Для чаго ўключаецца супраціўленне ўцечкі ва ўзмацняльніку паміж сеткай і катодам лямпы?

Работа 28. **Зборка і выпрабаванне двухкаскаднага ўзмацняльніка нізкай частаты**

Мэта работы. Сабраць з гатовых дэталей двухлямпавы выпрамляльнік нізкай частаты і выпрабаваць яго ў рабоце.

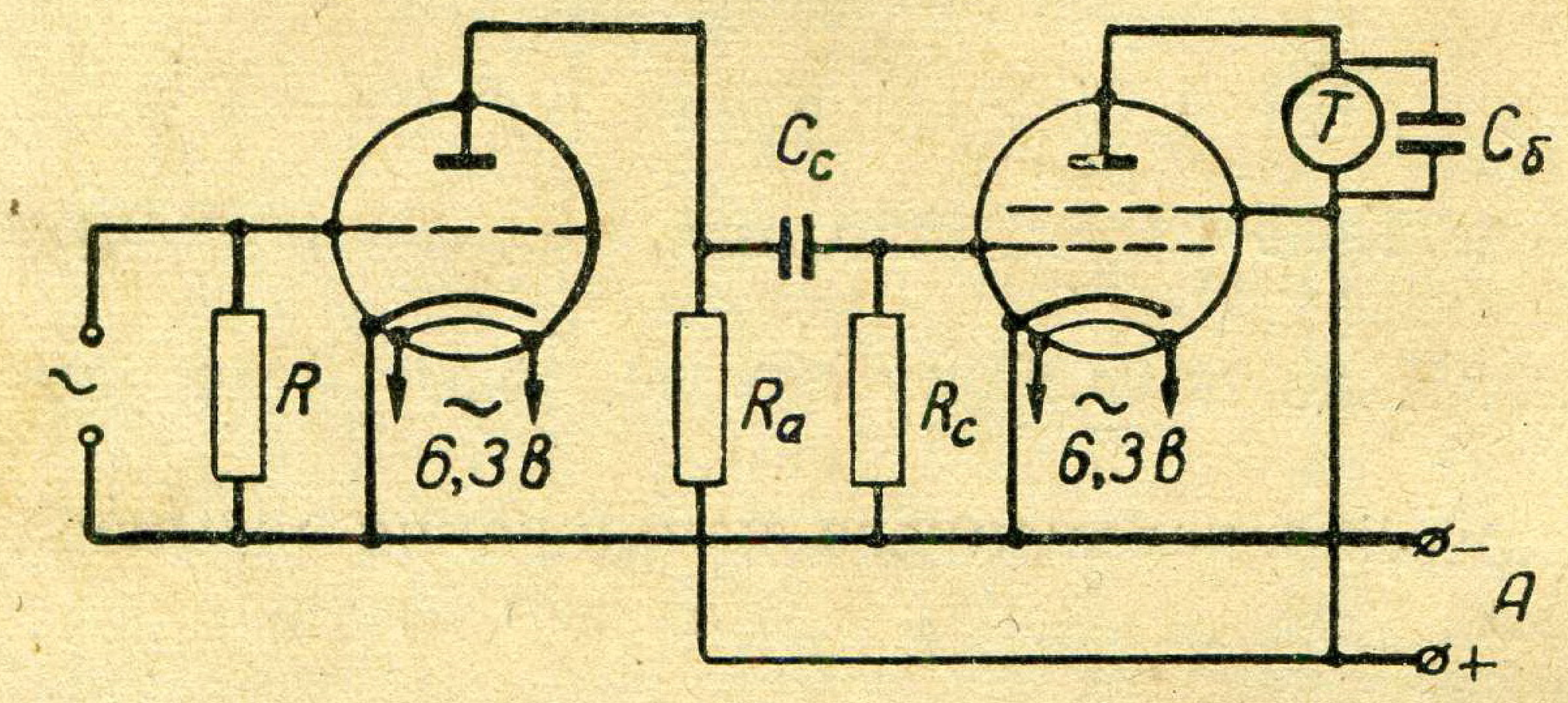
Прыборы, абсталяванне і інструменты: 1) трохэлектродная лямпа 6С2С або 6С5С, 2) многаэлектродная лямпа аднаго з тыпаў: 6П3С, 6П6С, 6Ф6С, 3) лямпавыя панелькі на дошчачцы з вываднымі зажымамі для адпаведнага тыпу лямпы —

2 шт., 4) кандэнсатары пастаяннай ёмкасці на 10 000 *пф* — 2 шт., 5) супраціўленні пастаянныя: $R_1 = 1{,}5$ *мгом*, $R_2 = 250$ *ком*, $R_4 = 400$ *ом*, 6) супраціўленне пераменнае $R_3 = 500$ *ком*, умацаванае на дошчачцы, 7) электрадынамічны гучнагаварыцель з выхадным трансфарматарам (тып 1 ГДМ —1,5), 8) панелькі драўляныя з выхаднымі зажымамі і кантактавымі трымальнікамі для ўключэння кандэнсатараў і супраціўленняў —5 шт., 9) панелькі драўляныя з вывадными зажымамі і гнёздамі для ўключэння гучнагаварыцеля і крыніцы току на ўваходзе ўзмацняльніка —2 шт., 10) прайгравальнік з пласцінкамі або патэфон, 11) гуказдымальнік, 12) выпрамляльнік кенатронны для жыўлення анодаў лямпы з асобнай абмоткай для жыўлення напалу, 13) злучальныя правады, 14) адвёртка, пласкагубцы, прыпой і флюс для пайкі.

Тэарэтычныя звесткі

У сучасных радыёпрыёмніках ваганні нізкай частаты звычайна ўзмацняюць не адной, а некалькімі лямпамі — ступенямі. Ступенню ўзмацнення называюць электронную лямпу з радыёдэталямі, неабходнымі для ўзмацнення.

Найпрасцейшым па будове і прынцыпу дзеяння з'яўляецца ўзмацняльнік нізкай частаты на супраціўленнях, у якім ролю аноднай нагрузкі выконвае актыўнае супраціўленне R_a (рыс. 201). Пераменнае напружанне, якое ўтвараецца на ім у час работы ўзмацняльні-



Рыс. 201. Прынцыповая схема двухлямпавага ўзмацняльніка нізкай частаты.

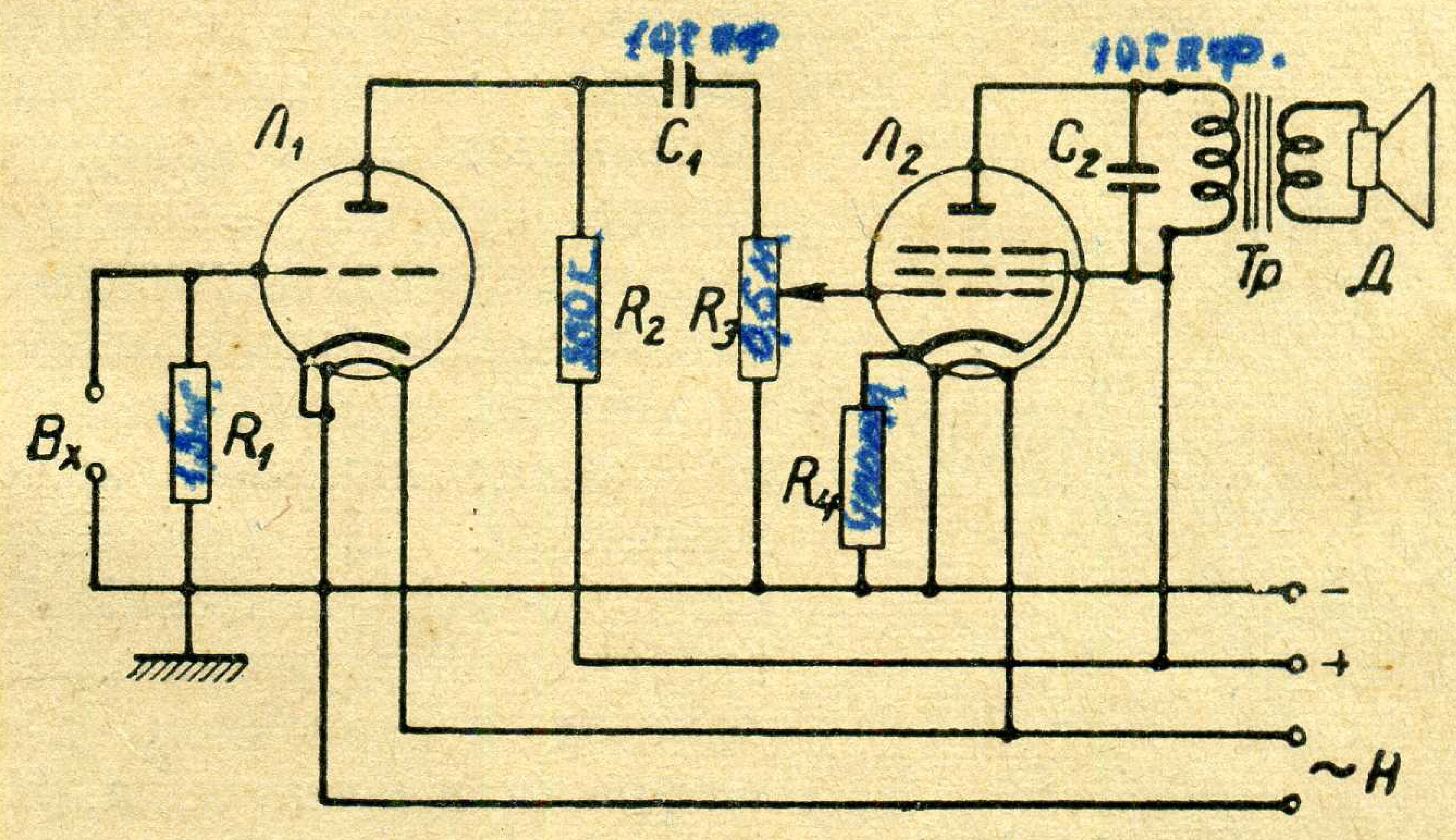
ка, для наступнага ўзмацнення падаецца праз кандэнсатар C_c на сетку другой лямпы. Кандэнсатар C_c уключаюць для таго, каб дадатнае пастаяннае анoднае напружанне ад першай лямпы не пападала на сетку другой лямпы, таму кандэнсатар C_c называюць пераходным або раздзяляльным кандэнсатарам. Разам з кандэнсатарам уключаюць супраціўленне R_c, называемае ўцечкай сеткі. Яно неабходна для таго, каб электроны, якія сабраліся на сетцы лямпы, маглі свабодна сцякаць на катод. У процілеглым выпадку на сетцы можа сабрацца вельмі многа электронаў, сетка набудзе

вялікі адмоўны патэнцыял і лямпа перастане прапускаць анодны ток, або, як кажуць, запрэцца.

Першая ступень узмацняльніка ў дадзенай схеме (рыс. 201) неабходна для ўзмацнення напружання да велічыні, дастатковай для нармальнай работы наступнай ступені. Таму яе называюць ступенню ўзмацнення напружання. Апошняя выхадная ступень, у анодны ланцуг якой уключан гучнагаварыцель, называецца канцавым узмацненнем, або ўзмацненнем магутнасці. Па такому прынцыпу пабудаваны і іншыя мнагалямпавыя ўзмацняльнікі, якія ўжываюцца ў розных галінах тэхнікі.

Апісанне схемы ўзмацняльніка нізкай частаты

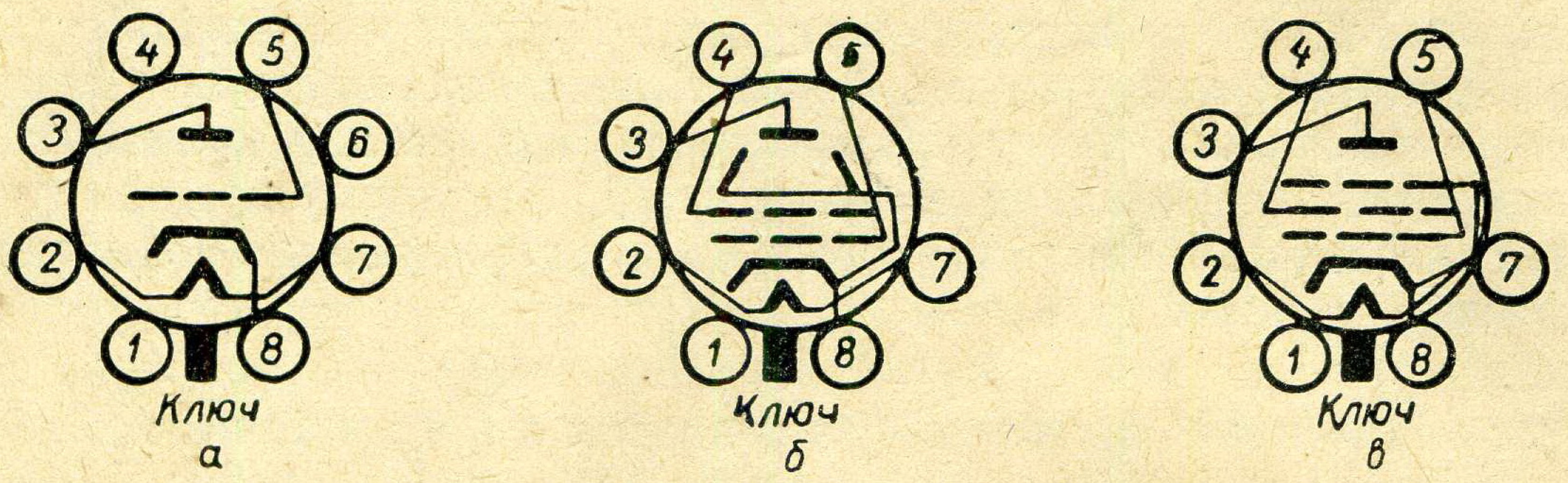
Прынцыповая схема ўзмацняльніка з жыўленнем ад сеткі пераменнага току (пры дапамозе лямпавага выпрамляльніка) дадзена на рысунку 202. Першая лямпа ў ёй $Л_1$ — трыёд 6С2С або 6С5С. Другая лямпа $Л_2$,— пентод 6Ф6С або праменевыя тэтроды 6П3С або 6П6С. Іх цакалёўка дадзена на рысунку 203. На ўваход першай лямпы ўключана супраціўленне ўцечкі $R_1 = 1{,}5$ *мгом*. Напружанне, падведзенае на ўваход узмацняльніка, дзейнічае на сетку ўваходнай лямпы, у анодны ланцуг якой уключана супраціўленне нагрузкі $R_2 = 250$ *ком*. Напружанне, узмоцненае першай лямпай $Л_1$ з супраціўленнем R_2, праз раздзяляльны кандэнсатар $C_1 = 10\,000$ *пф* паступае для наступнага ўзмацнення на сетку другой лямпы $Л_2$.



Рыс. 202. Схема для зборкі ўзмацняльніка нізкай частаты з жыўленнем ад выпрамляльніка.

У ланцуг сеткі лямпы $Л_2$ уключаюць пераменнае супраціўленне $R_3 = 0{,}5$ *мгом*, якім рэгулююць амплітуду напружання, падаваемую на сетку; гэтым самым дасягаюць неабходнай гучнасці на выхадзе ўзмацняльніка. Кандэнсатар $C_2 = 10\,000$ *пф* блакіровачны. Супраціўленне $R_4 = 400$ *ом* неабходна для стварэння зрушэння рабочага пункту, г. зн. выбару адпаведнага рэжыму работы лямпы.

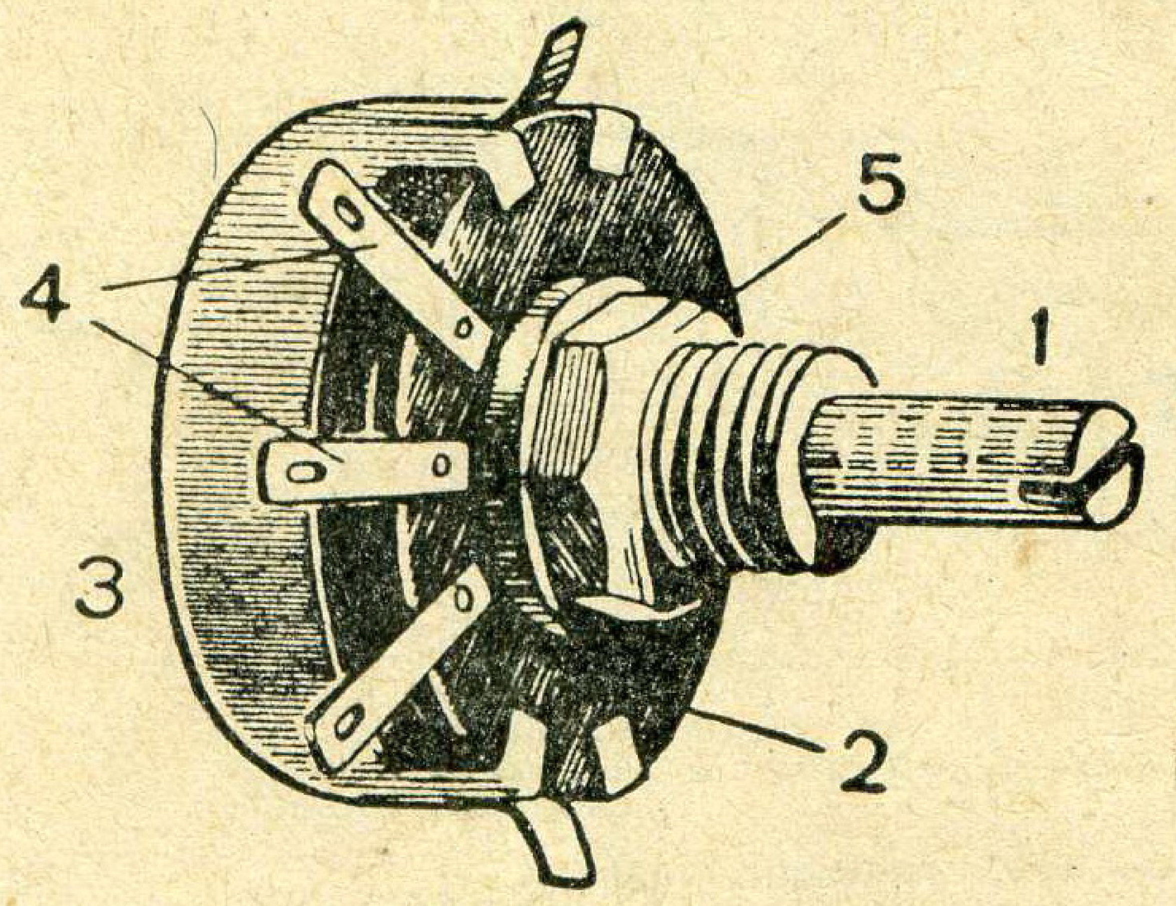
Праз гэтае супраціўленне праходзіць анодны ток і стварае на ім страту напружання, плюс якога будзе на канцы, які злучан з катодам, а мінус — на кіруючай сетцы. Значыць, лямпа будзе праца-



Рыс. 203. Цакалёўка электронных лямп для ўзмацняльніка нізкай частаты з жыўленнем ад сеткі пераменнага току: *а* — трыёды 6С2С і 6С5С, *б* — праменевыя тэтроды 6П3С і 6П6С, *в* — пентод 6Ф6С.

ваць без сетачных токаў і скажэнняў на прамалінейным участку характарыстыкі.

Супраціўленне R_4 павінна быць драцяным, таму што праз яго праходзіць анодны ток апошняй лямпы, які мае вялікае значэнне (пры лямпе 6П6С дасягае 72 *ма*). Іншыя супраціўленні — недрацяныя, тыпу ВС, вядомыя ўжо з папярэдняй работы. Пераменнае супраціўленне R_3 таксама недрацяное (рыс. 204). У ім ёсць вось *1* з паўзунком, які рухаецца па паверхні токаправодзячага элемента. Зманціравана супраціўленне на аснове *2* з ізаляцыйнага матэрыялу і закрыта засцерагальным металічным кожухам *3*. Да асновы супраціўлення прыключаны вывадныя кантакты *4*. Усе дэталі змацаваны гайкай *5*.

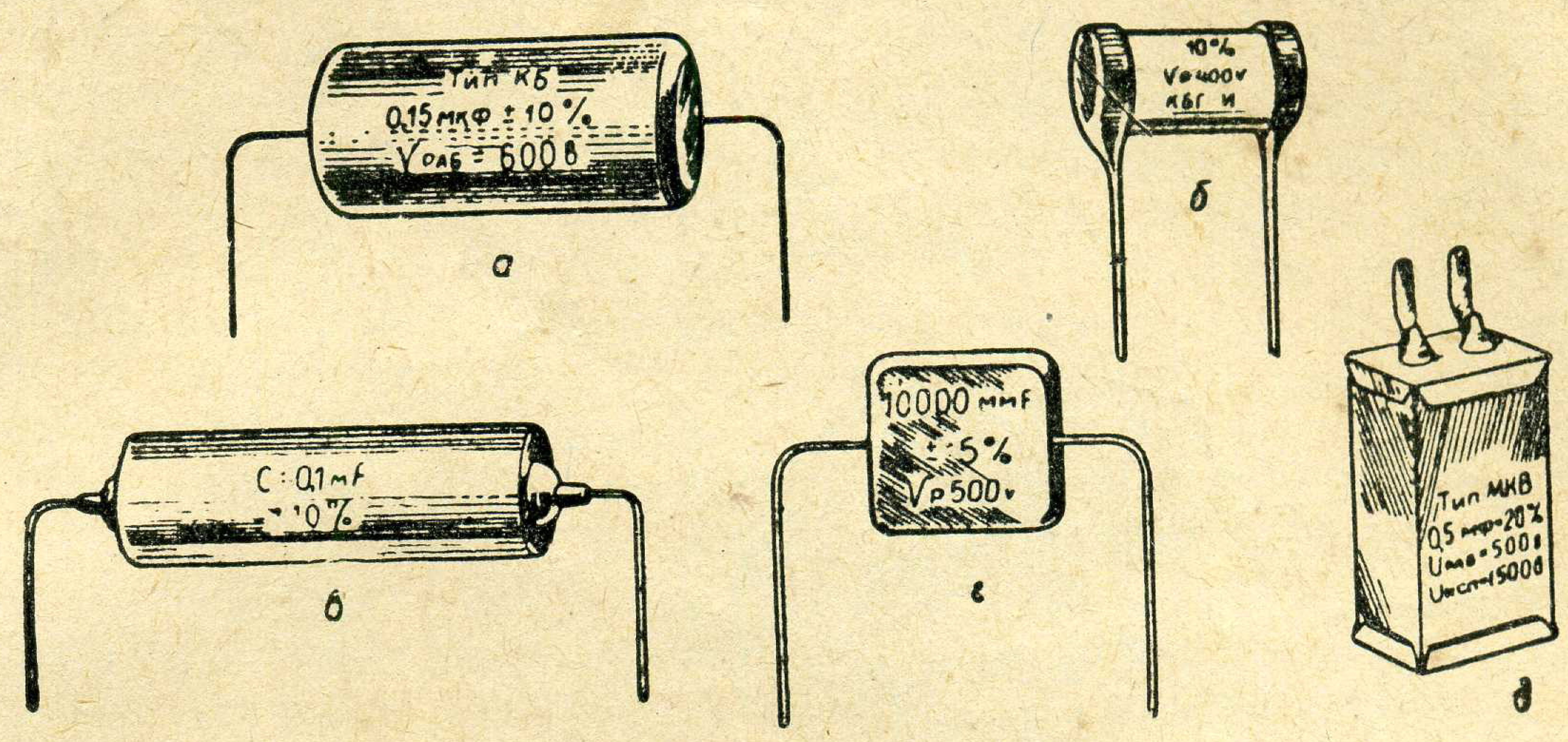


Рыс. 204. Пераменнае супраціўленне.

Акрамя супраціўленняў, у схеме ўзмацняльніка паказаны кандэнсатары. Іх адрозніваюць па канструкцыі, велічыні ёмкасці і рабочаму напружанню. Канструктыўным адрозненнем з'яўляецца матэрыял дыэлектрыка. Найбольш распаўсюджаны кандэнсатары тыпу КБ (рыс. 205, *а*), дыэлектрыкам у якіх з'яўляецца папера, насычаная парафінам. Гэты кандэнсатар ахаваны папяровым негерметычным корпусам. Распаўсюджан таксама кандэнсатар тыпу КБГ (рыс. 205, *б* і *в*) з папяровым дыэлектрыкам у герметызаваным корпусе. Шырока ўжываюцца кандэнсатары са слюдзяным дыэлектрыкам тыпу КСО (рыс. 205, *г*). Дадзеныя тыпы кандэнсатараў вырабляюць з намінальнымі ёмкасцямі, не перавышаючымі 0,25 *мкф*. Вялікія ёмкасці маюць кандэнсатары з папяровым дыэлект-

рыкам тыпу МКВ (рыс. 205, *д*). У дадзенай схеме можна выкарыстаць кандэнсатары ўсіх гэтых тыпаў на ўказаныя ёмкасці.

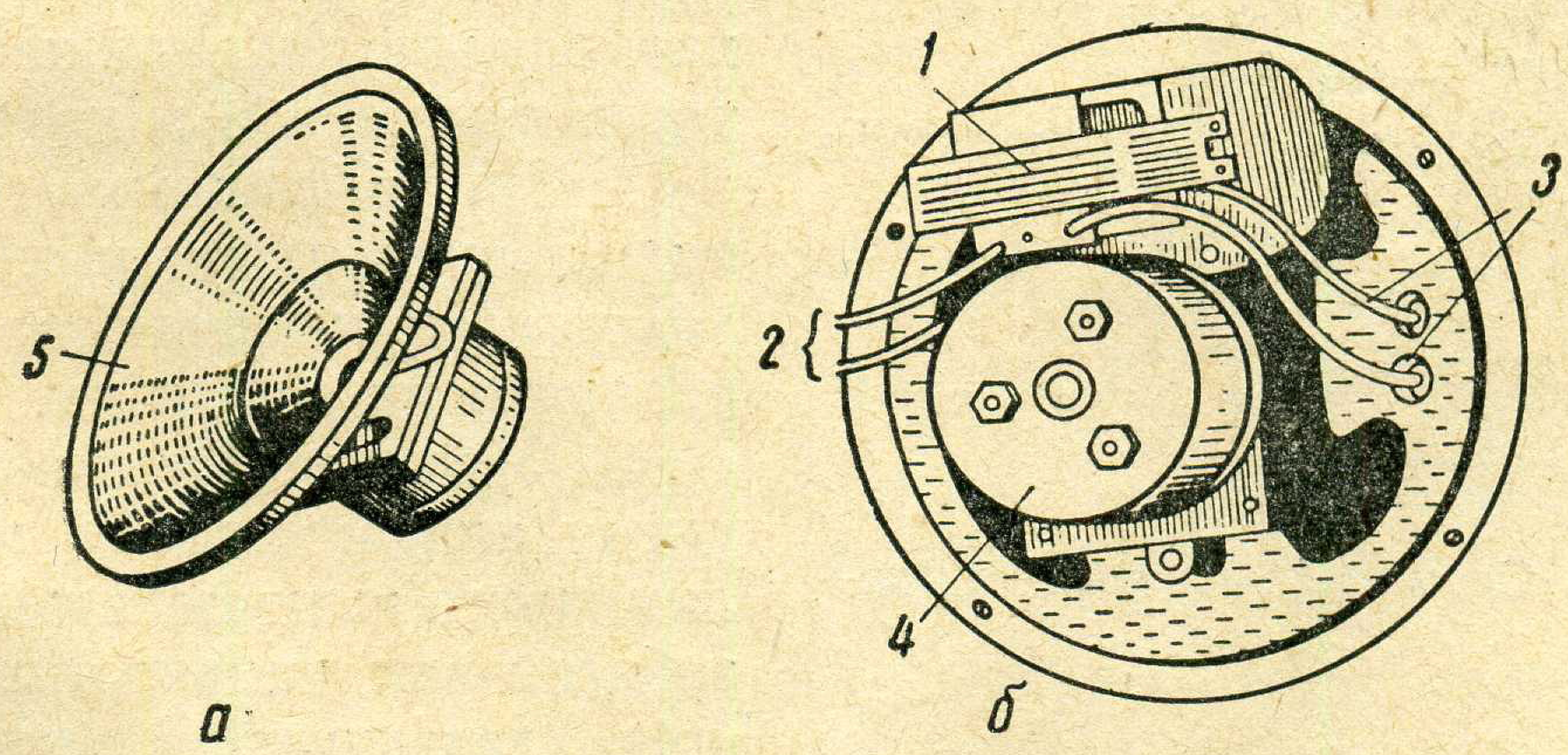
Каб узнавіць гукавыя ваганні пры дапамозе ўзмоцненых электрычных ваганняў, на ўваход узмацняльніка праз выхадны трансфар-



Рыс. 205. Кандэнсатары пастаяннай ёмкасці: *а* — папяровыя тыпу КБ, *б, в* — папяровыя герметызаваныя тыпу КБГ, *г* — слюдзяныя (КСО), *д* — папяровыя вялікай ёмкасці (МКВ).

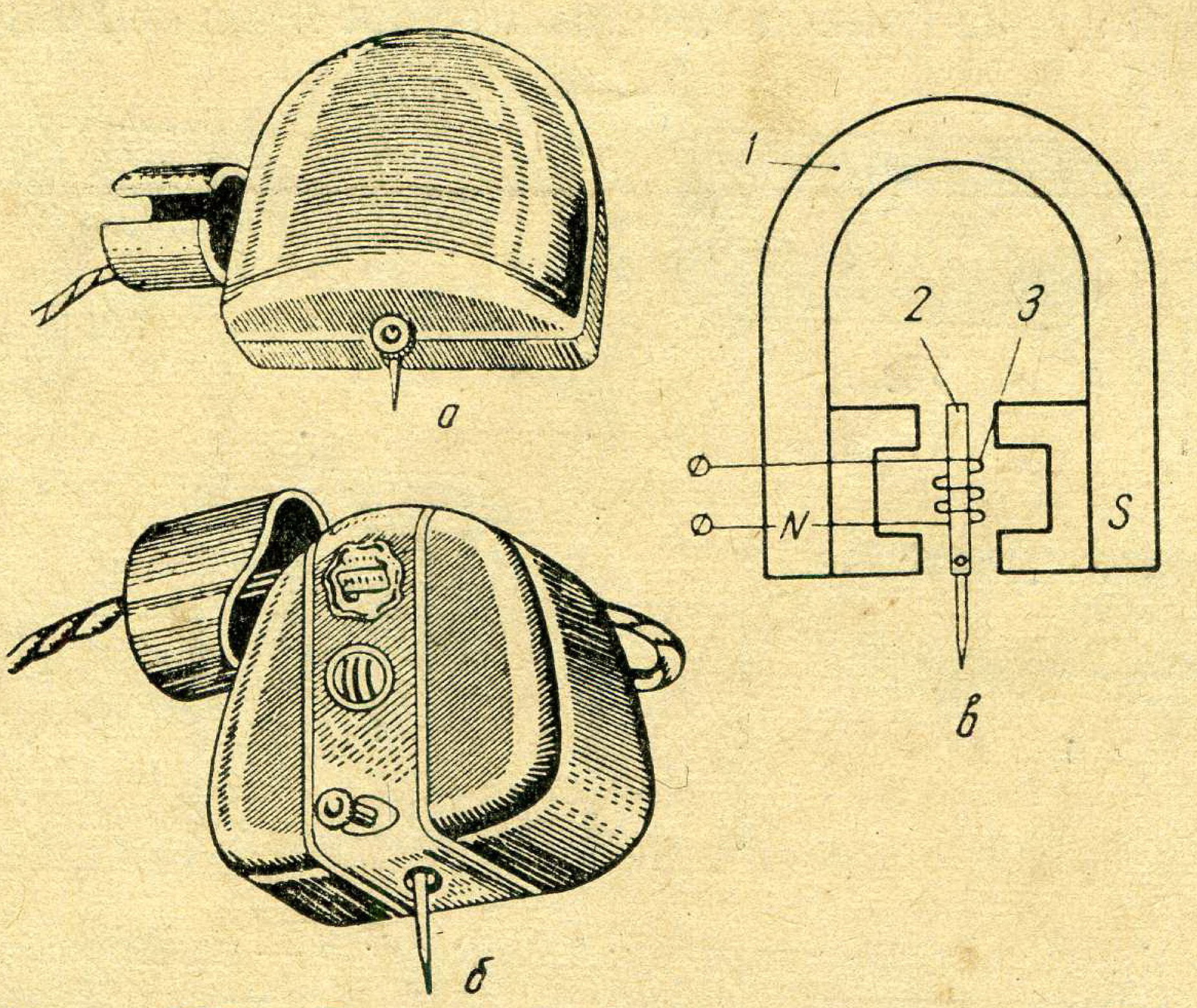
матар уключаюць электрадынамічны гучнагаварыцель (дынамік) з пастаянным магнітам (рыс. 206).

Для праверкі работы ўзмацняльніка карыстаюцца патэфонам і гуказдымальнікам, уключанымі на ўваход узмацняльніка. Гуказдымальнік можа быць п'езаэлектрычным (вядомым з выкананай работы), або электрамагнітным (рыс. 207). У апошнім ужываецца пастаянны магніт з полюснымі надстаўкамі. У сярэдзіне надставак ёсць катушка з жалезным якарчыкам і іголкай (рыс. 207, *в*). Пры прайграванні пласцінкі іголка з якарчыкам вагаецца, таму магнітны паток, які пранізвае катушку, узмацняецца, калі якар на-



Рыс. 206. Электрадынамічны гучнагаварыцель: *а* — агульны выгляд, *б* — выгляд з тыльнага боку: *1* — выхадны трансфарматар, *2* — праваднікі для ўключэння ў схему радыёпрыёмніка, *3* — праваднікі, якія злучаюць трансфарматар з гукавой катушкай гучнагаварыцеля, *4* — магнітная сістэма, *5* — папяровы дыфузар.

бліжаецца да полюсаў, або слабее пры аддаленні ад іх. Пры змяненні магнітнага патоку ў катушцы індукціруецца э. р. с., якая і падаецца на ўваходныя зажымы ўзмацняльніка нізкай частаты.

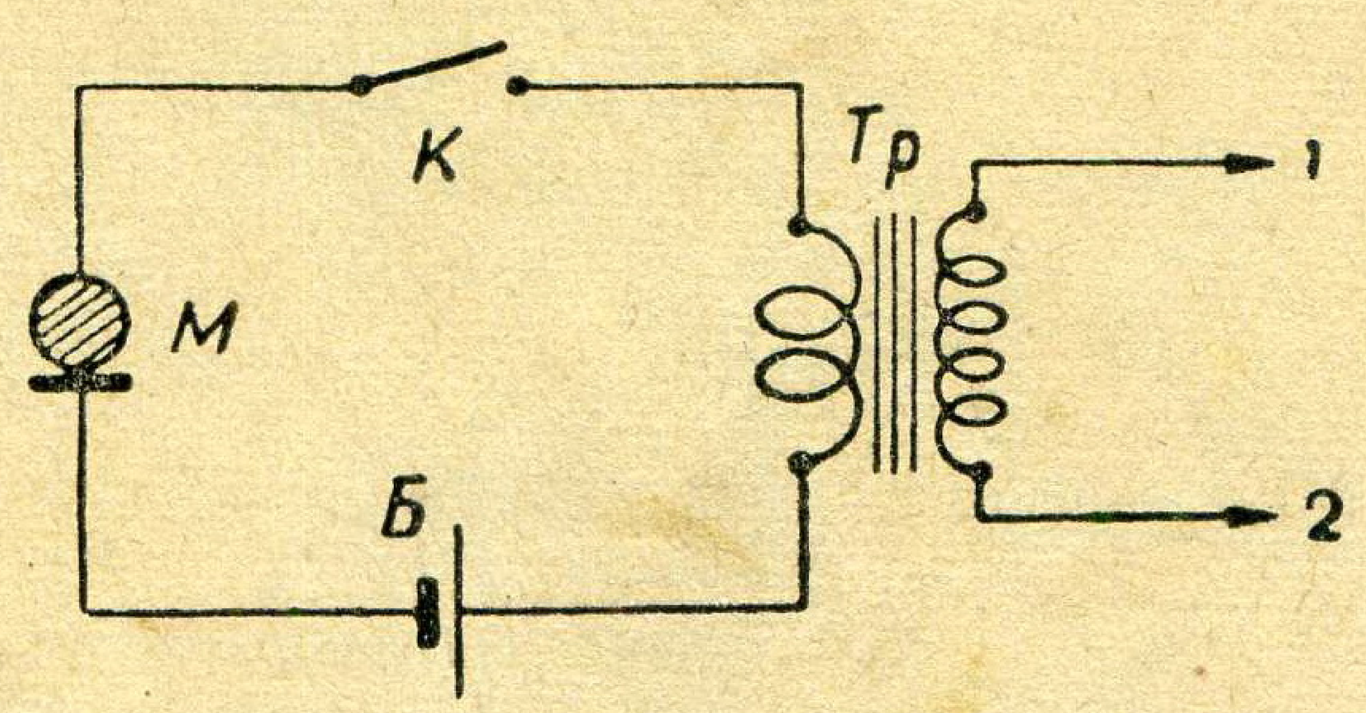


Рыс. 207. Электрамагнітныя гуказдымальнікі: *а* — тыпу «Радыст», *б* — 96 (Акорд), *в* — схема гуказдымальніка: *1* — пастаянны магніт, *2* — якар, *3* — катушка.

Выкананне работы

1. Атрымаўшы заданне, падбярыце неабходныя дэталі і прыборы для зборкі ўзмацняльніка, азнаёмцеся з іх будовай, электрычнымі характарыстыкамі і намінальнымі данымі.

2. Збярыце па прынцыповай схеме ўзмацняльнік нізкай частаты. Пры зборцы яго акуратна выконвайце злучэнні, старанна заціскайце злучальныя праваднікі пад зажымы або гайкі.



Рыс. 208. Схема ўключэння мікрафона.

3. Да ўваходных зажымаў падключыце праваднікі ад гуказдымальніка або мікрафона.

4. Да выхадных зажымаў падключыце праваднікі ад выхаднога трансфарматара, умацаванага на дынаміку.

5. Уключыце жыўленне ланцугоў анода: плюс і мінус ад лямпавага выпрамляльніка, які забяспечвае напружанне 200 *в*. Пры дадзеным і наступных уключэннях пярвічная абмотка выпрамляльніка павінна быць выключана з сеткі электраасвятлення.

6. Ад абмоткі напалу сілавога трансфарматара падвядзіце да ніцей напалу лямп пераменны ток з напружаннем 6,3 *в*.

7. Пакажыце сабраную схему ўзмацняльніка для праверкі настаўніку і, атрымаўшы яго дазвол, уключыце выпрамляльнік у сетку, назіраючы за напалам кенатрона.

8. Калі кенатрон напаліцца, праверце работу ўзмацняльніка, дакранаючыся пальцам да ўваходнага зажыма, злучанага з сеткай першай лямпы; з гучнагаварыцеля будзе чутны характэрны свіст.

9. Пасля гэтага ўключыце электрапрайгравальнік і пастаўце гуказдымальнік на пласцінку. Пры прайграванні пласцінкі гучнагаварыцеля будуць чутны гукі. Гучнасць рэгулююць супраціўленнем R_3. Работу ўзмацняльніка можна таксама праверыць, уключыўшы на ўваход вугальны мікрафон па схеме, дадзенай на рысунку 208. Гаварыць перад мікрафонам трэба так, каб гукі гучнагаварыцеля не ўздзейнічалі на мікрафон, паколькі інакш узнікне моцны свіст (з'ява адваротнай сувязі).

Пры адсутнасці мікрафона можна скарыстаць тэлефонны навушнік, які падключан да ўваходных зажымаў узмацняльніка.

10. Праверыўшы работу ўзмацняльніка, выключыце крыніцы жыўлення і нарысуйце мантажную схему. Затым разбярыце ўстаноўку, старанна складзіце ўсе дэталі і злучальныя праваднікі на рабочым стале.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Схема ўзмацняльніка з уключаным гуказдымальнікам і гучнагаварыцелем.
3. Кароткае апісанне прызначэння дэталей.
4. Кароткі пералік паслядоўнасці выканання работы.

Кантрольныя пытанні

1. З якіх дэталей складаецца ўзмацняльнік нізкай частаты і якая роля кожнай дэталі?
2. Якая паслядоўнасць зборкі ўзмацняльніка?
3. Як можна праверыць работу ўзмацняльніка нізкай частаты?
4. Як рэгулююць гучнасць на выхадзе ўзмацняльніка?
5. Як пабудаван электрамагнітны гуказдымальнік і як ён працуе?
6. Якія тыпы кандэнсатараў ужываліся пры зборцы ўзмацняльніка?

Работа 29. **Зборка і выпрабаванне простага лямпавага радыёпрыёмніка**

Мэта работы. Сабраць з гатовых дэталей адналямпавы радыёпрыёмнік і выпрабаваць яго на прыёме радыёстанцый.

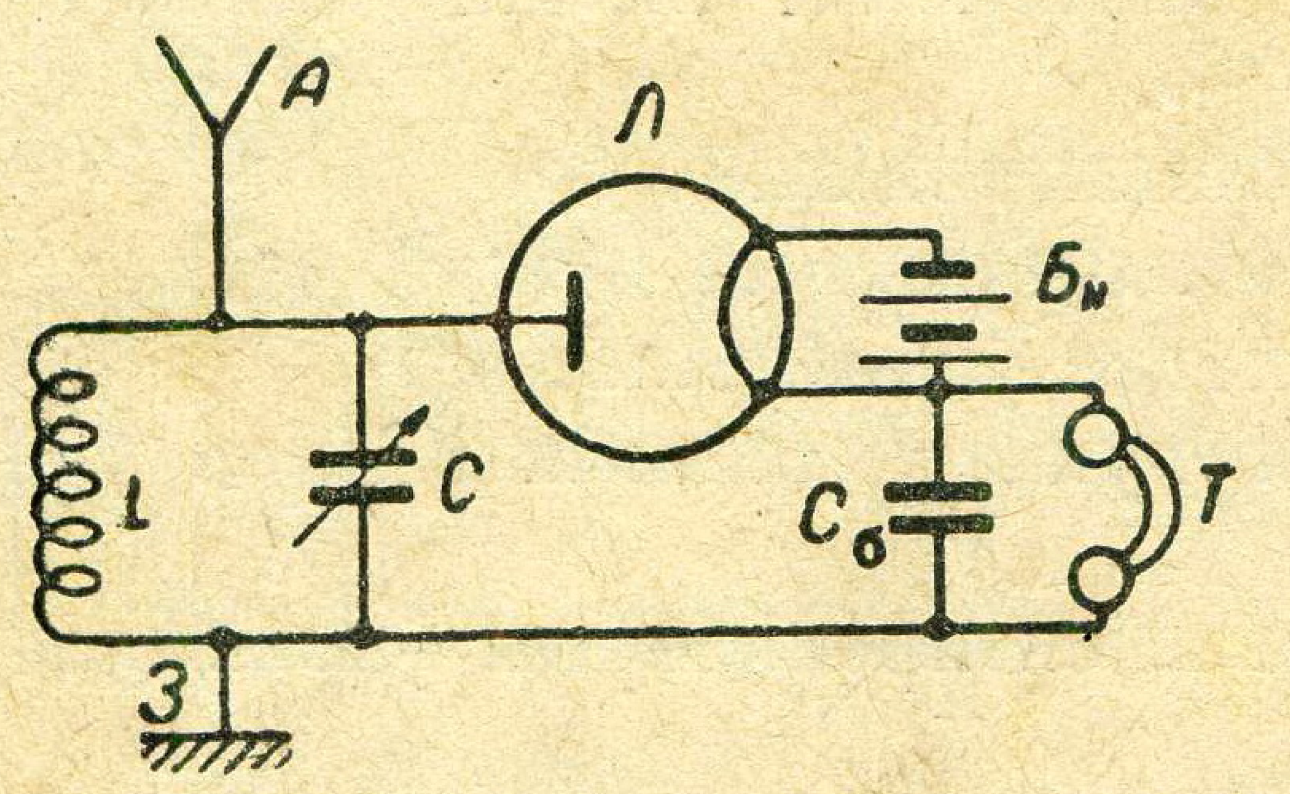
Прыборы, абсталяванне і інструменты: 1) катушка прыёмнага контуру, наматаная на адным каркасе з катушкай адваротнай сувязі.

Заўвага. Даныя катушак: дыяметр каркаса 60 *мм*, вышыня 90 *мм*. Абмотка сярэднехвалевай часткі катушкі складаецца з 38 віткоў проваду ПЭ, $d = 0{,}3$—$0{,}35$ *мм*. Адступіўшы на 10 *мм* ад другой абмоткі, наматана катушка адваротнай сувязі з 26 віткоў провадам ПЭ, $d = 0{,}2$ *мм*. Адступіўшы на 4 *мм* ад катушкі адваротнай сувязі, наматана даўгахвалевая частка катушкі контуру, якая складаецца з 150 віткоў проваду ПШД, $d = 0{,}2$ *мм*. Пачатак гэтай катушкі і канец сярэднехвалевай часткі злучаны паміж сабой і выведзены вонкі агульным правадніком. Замест дадзенай катушкі можна скарыстаць катушку з набору «Юны радыёканструктар».

2) кандэнсатар пераменнай ёмкасці 18—500 *пф*, 3) электронная лямпа аднаго з тыпаў: 2К2М, 2Ж2М, 1К1П або 6Ж7, 4) лямпавая панелька з вываднымі зажымамі, 5) пераменнае супраціўленне на 5000 або 10 000 *ом*, 6) рэастат напалу з супраціўленнем 25 *ом* на ток 0,2 *а*, 7) кандэнсатар пастаяннай ёмкасці 100 *пф* і супраціўленне ўцечкі сеткі 1 *мгом*, 8) супраціўленне нагрузкі 20 000 *ом*, 9) тэлефонныя навушнікі (электрамагнітныя або п'езаэлектрычныя), 10) батарэя напалу з двух элементаў і анодная батарэя тыпу БАС-70, або лямпавы выпрамляльнік, 11) антэна і зазямленне, 12) злучальныя правады, 13) пласкагубцы, адвёртка, паяльнік, прыпой і флюс для пайкі.

Тэарэтычныя звесткі

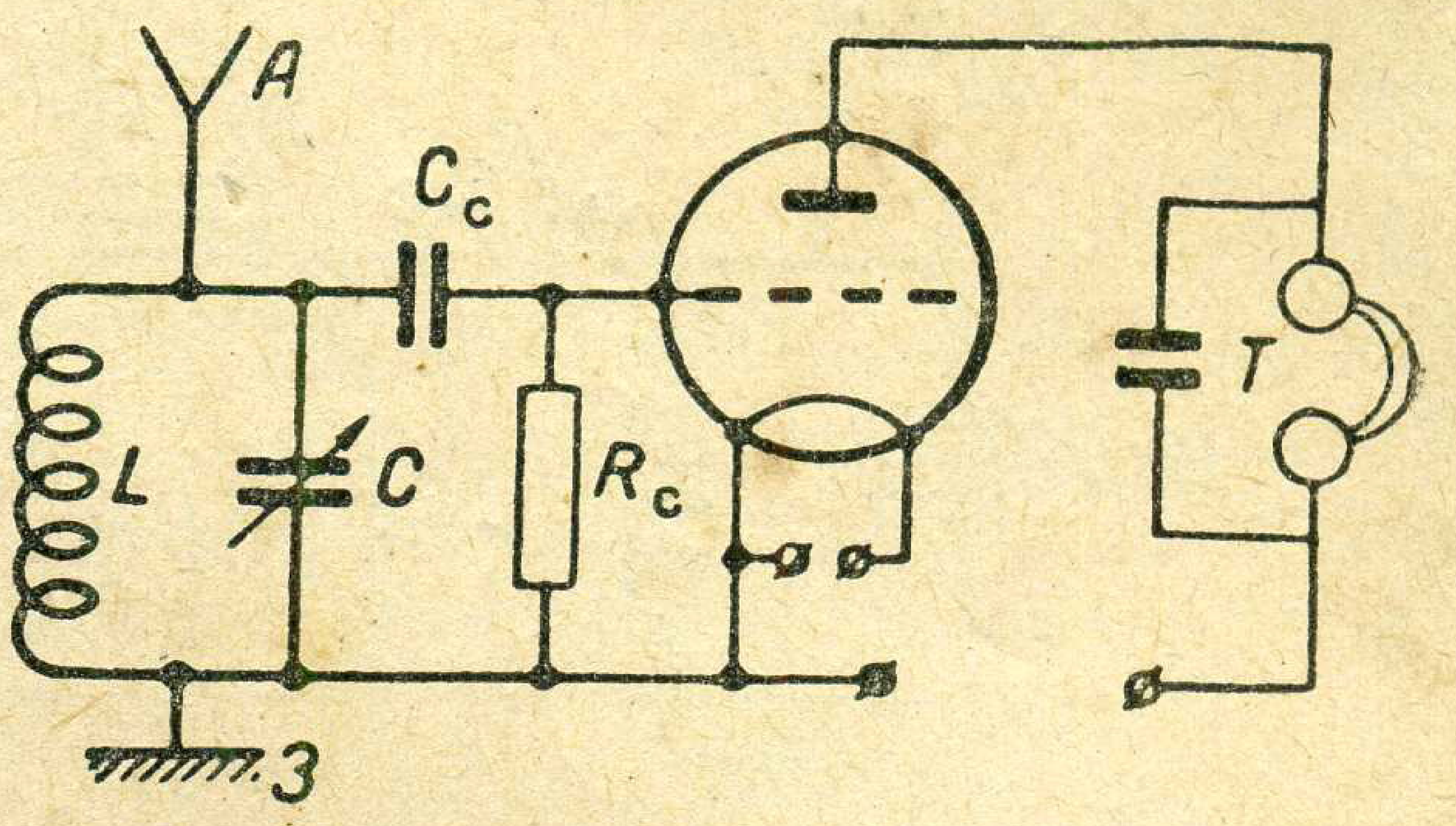
У лямпавым радыёпрыёмніку ролю дэтэктара выконвае электронная лямпа. Схема самага простага радыёпрыёмніка з лямпавым дэтэктарам паказана на рысунку 209. У ёй ужыта як дэтэктар дзвюхэлектродная лямпа, працуючая падобна да выпрамляльнай лямпы. Такі спосаб дэтэкціравання называецца дыёдным дэтэкціраваннем. Пры гэтым прымаемая перадача не ўзмацняецца, а аслабляецца. Дыёднае дэтэкціраванне ўжываецца ў сучасных радыёпрыёмніках дзякуючы таму, што пры такім дэтэкціраванні адсутнічаюць скажэнні перадачы. Напружанне, падведзенае да дыёднага дэтэктара, узмацняецца лямпавымі ўзмацняльнікамі.



Рыс. 209. Схема радыёпрыёмніка з лямпавым (дыёдным) дэтэктарам.

Другі від дэтэкціравання ўжыты ў схеме, дадзенай на рысунку 210. Тут дэтэктарам з'яўляецца трохэлектродная лямпа, якая працуе на спецыяльным рэжыме. Для стварэння гэтага рэжыму ў ланцуг сеткі лямпы ўключаны кандэнсатар пастаяннай ёмкасці C_c і супраціўленне

$R_с$, называемае ўцечкай сеткі. Кандэнсатар і супраціўленне разам часам называюць «грыдлікам» (сетачныя). Пры такой схеме напружанне, пададзенае з прыёмнага контуру, паступае праз кандэнсатар на сетку лямпы. Участак сетка — катод — працуе як дыёдны дэтэктар. Утвораны пры гэтым выпрамлены ток нізкай частаты праходзіць з сеткі праз супраціўленне $R_с$ на катод. На супраціўленні ўзнікае пераменная страта напружання нізкай частаты, якая ўздзейнічае на сетку лямпы. Адбываецца змяненне аноднага току, які праходзіць праз тэлефон. Тэлефон пераўтварае змяняючыйся ток у гукавыя ваганні нізкай частаты. Гэты працэс называецца сетачным дэтэкціраваннем. Пры сетачным дэтэкціраванні адбываецца адначасова ўзмацненне прымаемай перадачы. Таму ў простых прыёмніках выкарыстоўваецца сетачнае дэтэкціраванне.



Рыс. 210. Схема радыёпрыёмніка з лямпавым (трыёдным) дэтэктарам.

Ужыванне сетачнага дэтэкціравання абмежавана простымі схемамі, таму што сетачны дэтэктар уносіць скажэнні.

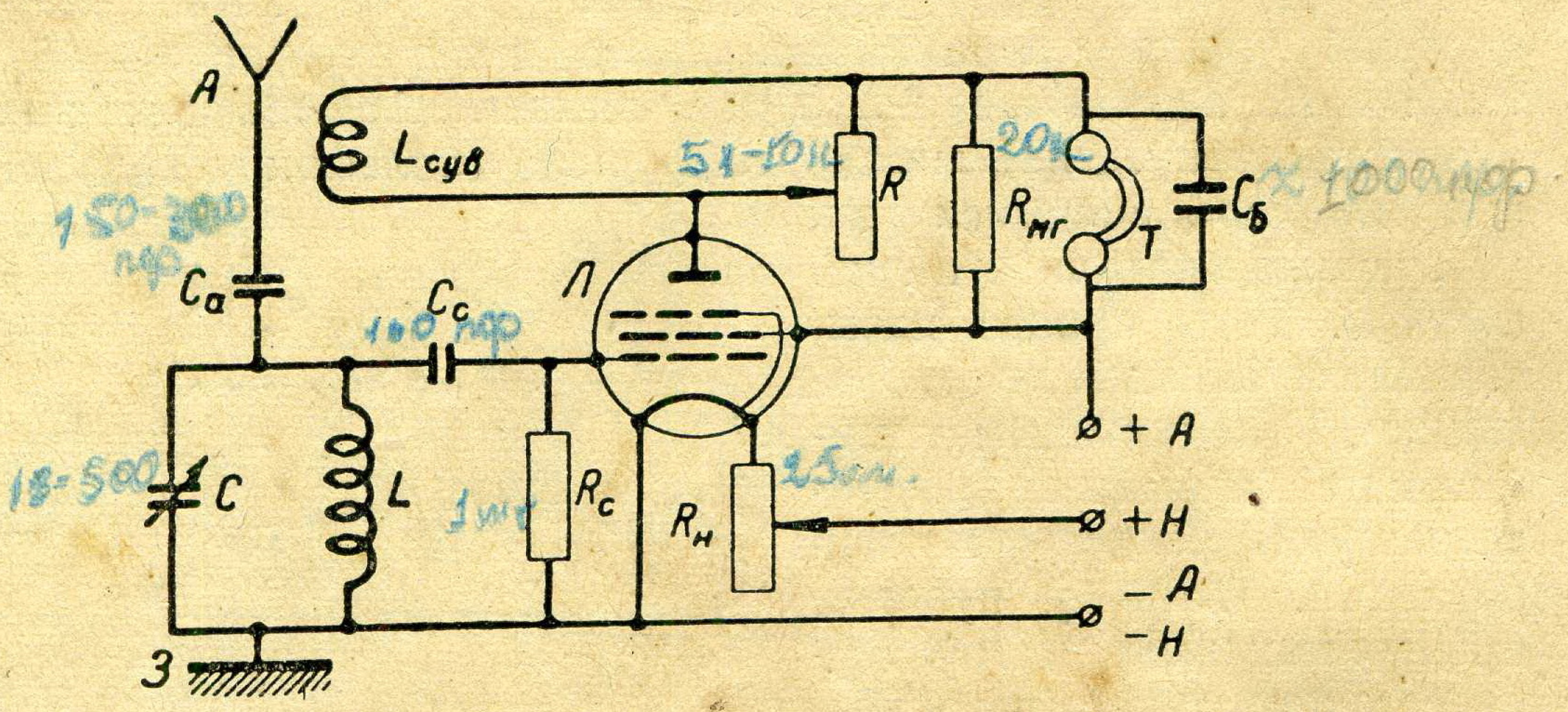
Апісанне схемы лямпавага радыёпрыёмніка

Схема простага лямпавага радыёпрыёмніка паказана на рысунку 211. Прыёмны контур складаецца з катушкі L і кандэнсатара пераменнай ёмкасці C. Антэна падключаецца праз кандэнсатар пастаяннай ёмкасці $C_а = 150—300$ *пф*. Гэты кандэнсатар памяншае ўплыў антэны на прыёмны контур, паляпшае вастрыню і стабільнасць настройкі радыёпрыёмніка. Электронная лямпа — пентод — працуе ў рэжыме сетачнага дэтэкціравання. Для гэтага ўжыт грыдлік з кандэнсатара пастаяннай ёмкасці $C_с = 100$ *пф* і супраціўлення ўцечкі сеткі $R_с = 1{,}0$ *мгом*.

У анодны ланцуг лямпы ўключана катушка $L_{сув.}$, індуктыўна звязаная з прыёмным контурам. Праз яе праходзіць анодны ток, які індукцыруе э. р. с. у прыёмным контуры. Катушка ўключаецца так, каб індукцыраваная э. р. с. складвалася з напружаннем праходзячых сігналаў, таму атрымліваецца ўзмацненне сігналаў. Для рэгулявання ўзмацнення ўжываецца пераменнае супраціўленне R, рэгулюючае велічыню току, які праходзіць па катушцы $L_{сув}$. Працэс уздзеяння аноднага ланцуга (катушкі $L_{сув.}$) на прыёмны контур, уключаны ў ланцуг сеткі, называецца адваротнай сувяззю. У выніку адваротнай сувязі папаўняюцца страты энергіі ў вагальным контуры. Гэта называецца рэгенерацыяй.

У анодны ланцуг лямпы ўключана нагрузачнае супраціўленне $R_{нг}$, тэлефон T і блакіровачны кандэнсатар $C_б$.

Для рэгуліроўкі напалу ўжыты рэастат $R_н$ (неабходны пры выкарыстанні батарэйных лямп).



Рыс. 211. Схема лямпавага радыёпрыёмніка.

Такі радыёпрыёмнік з ланцугом адваротнай сувязі называецца рэгенератыўным прыёмнікам. Ён мае даволі высокую адчувальнасць і павышаную выбіральнасць (у параўнанні з дэтэктарным прыёмнікам).

Выкананне работы

1. Азнаёмцеся з прынцыповай схемай і дэталямі, неабходнымі для зборкі простага аднаЛямпавага радыёпрыёмніка.
2. Карыстаючыся прынцыповай схемай, збярыце па ёй радыёпрыёмнік з асобных дэталей.
3. Праверце правільнасць зборкі схемы. Устаўце электронную лямпу ў панельку, падключыце антэну і зямлю.
4. Сабраны радыёпрыёмнік пакажыце настаўніку для праверкі правільнасці выкананай работы. Атрымаўшы дазвол настаўніка, уключыце крыніцы жыўлення. (Пры гэтым увядзіце поўнасцю супраціўленне рэастата напалу $R_н$.)
5. Надзеньце тэлефонныя навушнікі і, слухаючы ў іх, паступова, асцярожна выводзьце супраціўленне рэастата напалу да з'яўлення характэрнага звінячага гуку. (Памятайце, што пры лямпе 2К2М або 2Ж2М напружанне напалу не павінна перавышаць 2 *в*. Пры лямпе 1К1П — не больш 1,2 *в*.)
6. Круціце ручку пераменнага супраціўлення R да з'яўлення свісту ў тэлефонах. Калі свіст не выяўляецца, значыць, няправільна падключаны канцы катушкі адваротнай сувязі $L_{сув}$. Іх неабходна памяняць месцамі.
7. Пачуўшы свіст, спыніце вярчэнне ручкі супраціўлення R і,

паварочваючы павольна ручку пераменнага кандэнсатара C, дабіцеся з'яўлення ў тэлефоне гуку прымаемай перадачы.

8. Ліквідуйце свіст паваротам ручкі супраціўлення R у бок, адваротны першапачатковаму вярчэнню. Самы лепшы прыём можна атрымаць на парозе з'яўлення свісту ў тэлефонах. Не трэба злоўжываць свістам, таму што гэта стварае перашкоды размешчаным паблізу прыёмным прыстасаванням.

9. Дабіўшыся выразнага прыёму, запішыце становішча ручкі кандэнсатара і паспрабуйце настроіцца на іншую якую-небудзь радыёстанцыю.

10. Закончыўшы работу, адключыце крыніцы жыўлення і зарысуйце мантажную схему. Пасля гэтага разбярыце схему і складзіце ўсе дэталі на рабочым стале.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Прынцыповая схема радыёпрыёмніка.
3. Кароткае апісанне прызначэння дэталей, працэсу ўключэння і настройкі радыёпрыёмніка на перадаючую радыёстанцыю.
4. Кароткае апісанне ўсіх этапаў работы.

Кантрольныя пытанні

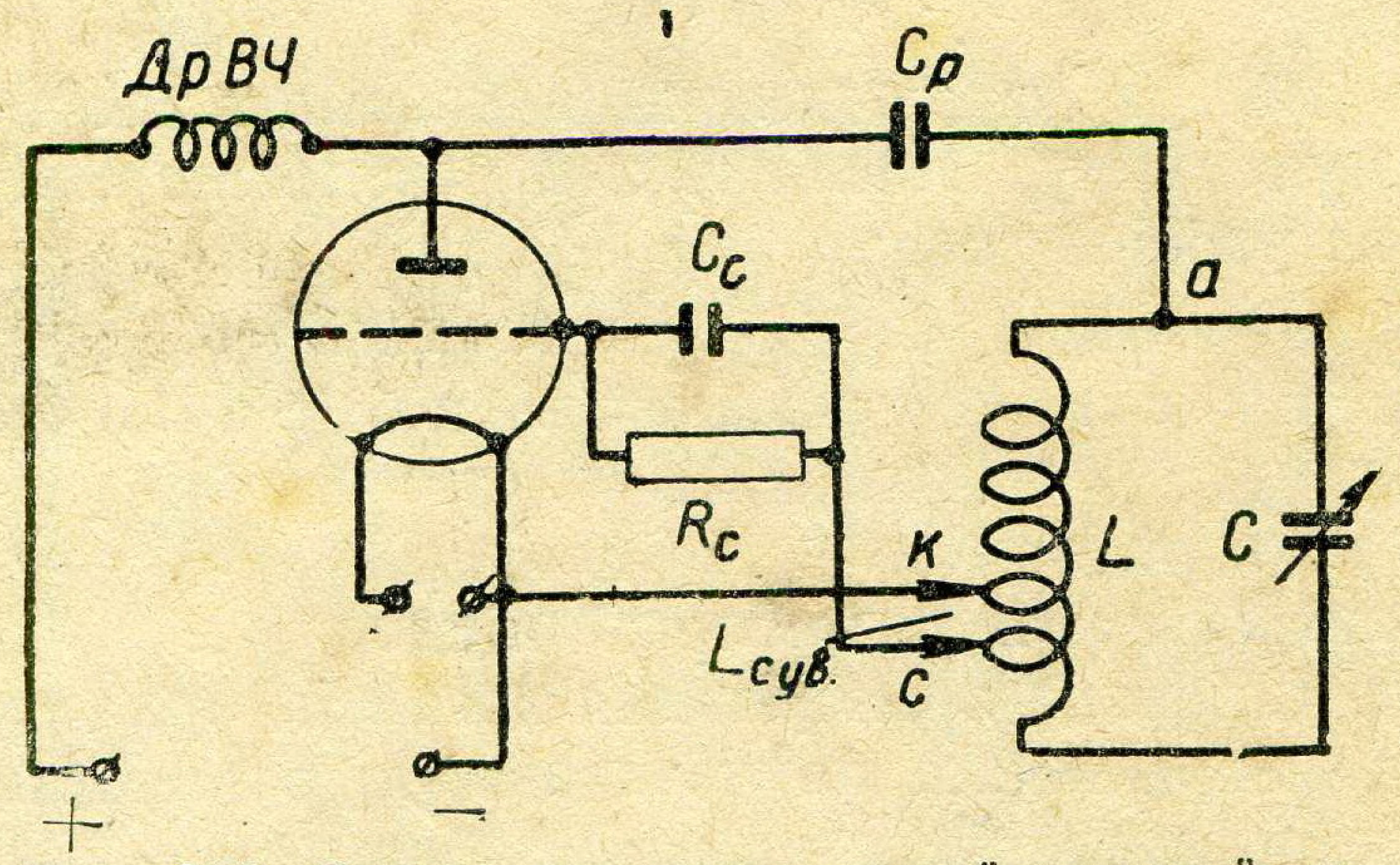
1. З якіх дэталей складаецца найпрасцейшы аднаялампавы радыёпрыёмнік?
2. Якія дэталі неабходны ў схеме лямпавага радыёпрыёмніка для ажыццяўлення сетачнага дэтэкціравання?
3. Як правяраюць наяўнасць генерацыі і што неабходна зрабіць, калі генерацыя не ўзнікае?
4. Як настроіць лямпавы радыёпрыёмнік на перадаючую радыёстанцыю?
5. Які тып лямпы ўжываўся ў рабоце і якая яе цакалёўка?

Работа 30. **Уключэнне і выпрабаванне вучэбнага генератара токаў высокай частаты малой магутнасці**

Мэта работы. Вывучыць будову генератара токаў высокай частаты і азнаёміцца з яго дэталямі. Навучыцца ўключаць і настройваць генератар. Атрымаць практычна з'яву рэзанансу.

Прыборы, абсталяванне і інструменты: 1) вучэбны генератар токаў высокай частаты з паралельным жыўленнем і аўтатрансфарматарнай сувяззю, 2) электронная лямпа аднаго з тыпаў: 6П3С, 6П6С, 6Н7С, 3) выпрамляльнік, які забяспечвае выпрамленае напружанне 300 *в* і пераменнае напружанне 6,3 *в*, 4) пробнік высокай частаты, 5) рэзаніруючы контур, 6) злучальныя праваднікі, 7) пласкагубцы і адвёртка.

Лямпавы генератар токаў высокай частаты, ваганні ў якім падтрымліваюцца ўздзеяннем ланцуга анода на ланцуг сеткі, называюць генератарам з самаўзбуджэннем. У схеме такога генератара (рыс. 173) у ланцуг сеткі ўключана спецыяльная катушка адваротнай сувязі $L_{сув.}$, індуктыўна звязаная з катушкай вагальнага



Рыс. 212. Схема генератара токаў высокай частаты з самаўзбуджэннем і з аўтатрансфарматарнай сувяззю ланцуга анода з ланцугом сеткі.

контуру L, уключанага ў анодны ланцуг. Крыніца аноднага напружання паслядоўна злучана з вагальным контурам. Такую схему называюць схемай паслядоўнага жыўлення з індуктыўнай сувяззю. У адрозненне ад гэтай схемы на практыцы часта карыстаюцца схемамі паралельнага жыўлення з аўтатрансфарматарнай сувяззю ланцуга анода з ланцугом сеткі электроннай лямпы. Схема такога генератара паказана на рысунку 212; яе часта называюць індуктыўнай трохпунктавай схемай. Адваротная сувязь тут ажыццяўляецца пры дапамозе некалькіх віткоў $L_{сув.}$ катушкі L вагальнага контуру. Таму контур атрымліваецца падключаным да лямпы трыма пунктамі: a, $к$ і c. Праваднік, які ідзе ад катода лямпы, далучан да катушкі вагальнага контуру паміж пунктамі далучэння праваднікоў анода a і сеткі c. Толькі пры такім спосабе ўключэння можна атрымаць неабходны зрух фаз 180° паміж пераменным напружаннем на анодзе і на сетцы і фазнае змяненне аноднага току і напружання на сетцы.

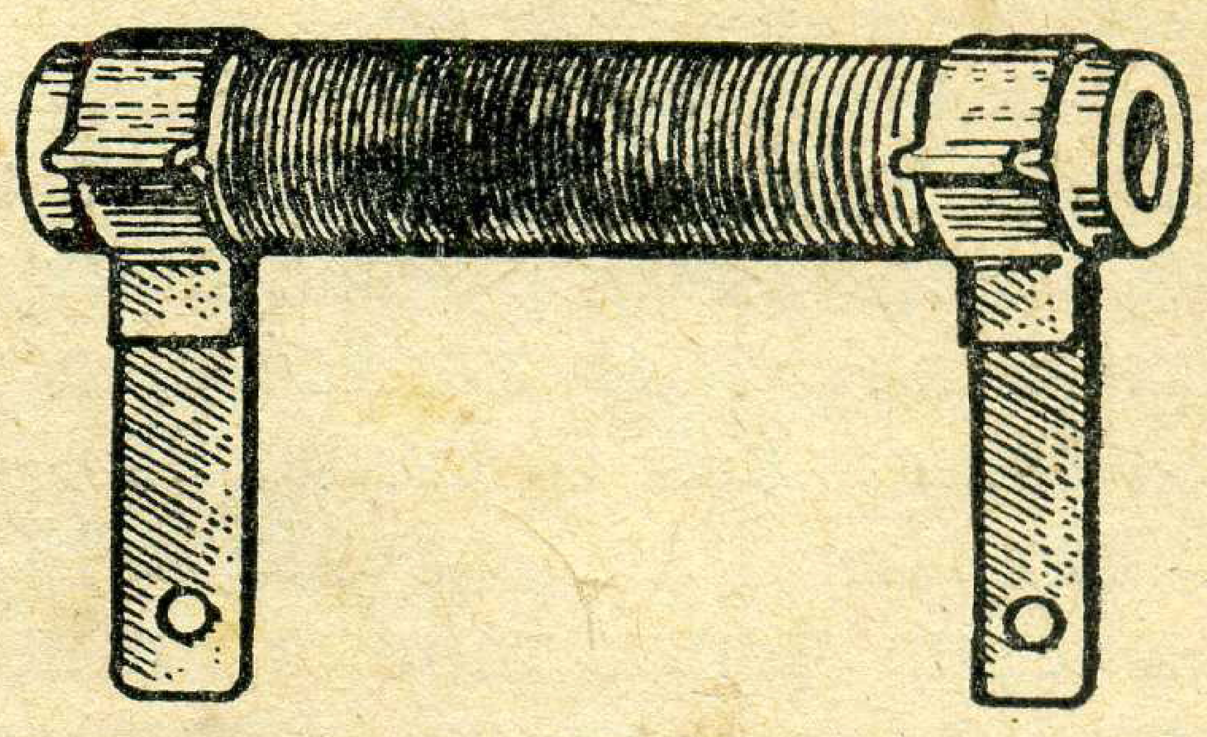
Велічыня адваротнай сувязі рэгулюецца перамяшчэннем кантакту c па вітках катушкі L вагальнага контуру.

Трохпунктавая схема працей за схему з індуктыўнай сувяззю, таму што ў ёй выкарыстоўваецца ўсяго адна катушка L, частка якой выконвае ролю катушкі сувязі $L_{сув}$.

Апісанне схемы генератара токаў высокай частаты

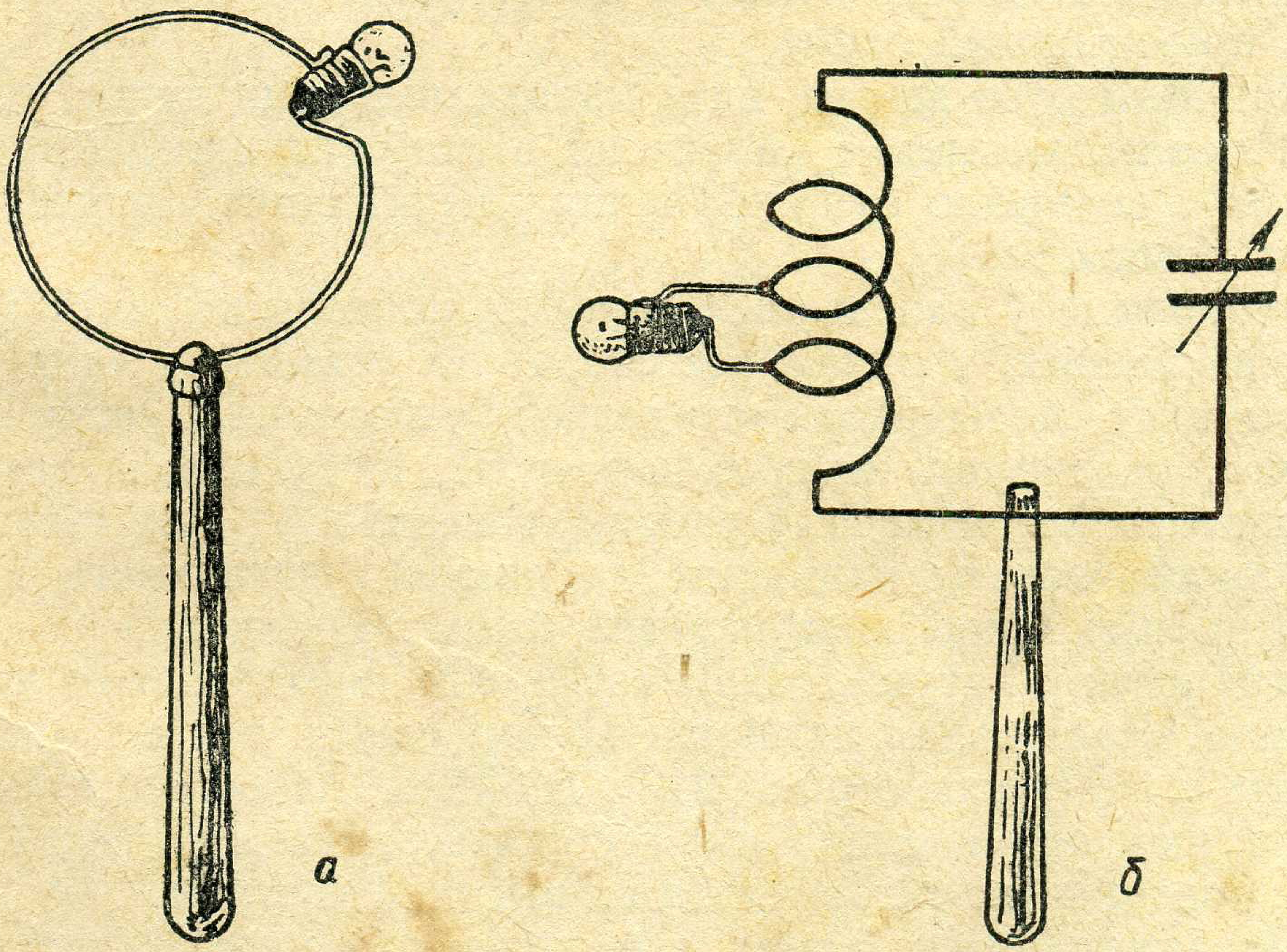
Вучэбны генератар токаў высокай частаты сабран на трохпунктавай схеме з паралельным жыўленнем (рыс. 212). У ім выкарыстоўваюць трохэлектродную лямпу тыпу 6Н7С або адну з многаэлектродных лямп: 6П6С або 6П3С, уключаючы яе трыёдам. Для гэтага экранную сетку злучаюць з анодам. Кіруючую ж сетку ўключаюць, як звычайна.

У вагальным контуры ўжываюць катушку самаіндукцыі з 6 віткоў голага меднага праваду, дыяметрам 3—4 *мм*. Дыяметр катушкі 80 *мм*. Адлегласць паміж яе віткамі 10—12 *мм*. Кандэнсатар контуру пераменнай ёмкасці з паветраным дыэлектрыкам; велічыня яго ёмкасці павінна змяняцца ад 15—20 да 150—175 *пф*.



Рыс. 213. Дросель ВЧ.

Крыніца жыўлення анода падключана да лямпы паралельна з вагальным контурам. Для прадухілення пападання ў вагальны контур высокага напружання пастаяннага току ўстаноўлен раздзяляльны кандэнсатар $C_р$. Ён не перашкаджае праходжанню складаючай аноднага току высокай частаты, неабходнай для падтрымання незатухальных ваганняў у вагальным контуры. Для таго



Рыс. 214. Прыборы для праверкі работы генератара токаў высокай частаты: *а* — пробнік высокай частаты, *б* — рэзаніруючы контур.

каб ток высокай частаты не замыкаўся праз крыніцу аноднага току, яго падключаюць праз дросель высокай частаты *Др ВЧ*.

Дросель высокай частаты — гэта цыліндрычная катушка (рыс. 213), на якую наматана 120—160 віткоў ізаляванага дроту $d = 0{,}2—0{,}3$ *мм*.

Неабходны рэжым работы электроннай лямпы забяспечваюць, уключаючы ў ланцуг кандэнсатар пастаяннай ёмкасці C (ад 100 да 250 *пф*) і супраціўленне ўцечкі R_c (ад 10 000 да 15 000 *ом*).

Для выяўлення ваганняў высокай частаты ўжываюць пробнік з аднаго вітка тоўстага проваду, замацаванага на ізалюючай ручцы (рыс. 214, *а*). У віток проваду ўпаяна індыкатарная лямпачка ад кішэннага ліхтарыка.

Для выяўлення электрычнага рэзанансу і назірання залежнасці частаты ваганняў генератара ад настройкі яго вагальнага контуру ўжываюць рэзаніруючы контур. Ён складаецца з катушкі ў 6—8 віткоў, злучанай паралельна з кандэнсатарам пераменнай ёмкасці з максімальнай ёмкасцю 200—250 *пф*. Схема рэзаніруючага контуру паказана на рысунку 214, *б*. Да аднаго з віткоў яго катушкі прыпаяна індыкатарная лямпачка ад кішэннага ліхтарыка, а сам контур умацаван на ізалюючай ручцы.

Выкананне работы

1. Дэталёва азнаёмцеся з будовай генератара токаў высокай частаты.

2. Начарціце яго мантажную схему і параўнайце яе з прынцыповай схемай, вызначце дэталі ў канструкцыі генератара, паказаныя на прынцыповай схеме.

3. Запішыце ўсе даныя, якія характарызуюць дэталі генератара: тып лямпы, дыяметр і колькасць віткоў катушак, ёмкасці кандэнсатараў, велічыню супраціўлення ўцечкі сеткі. Зарысуйце цакалёўку лямпы.

4. Уключыце ў адпаведныя зажымы праваднікі, якія ідуць ад крыніц жыўлення, і пакажыце сабраную ўстаноўку (для праверкі) настаўніку. Атрымаўшы яго дазвол, уключыце ў сетку выпрамляльнік і, пачакаўшы адну-дзве мінуты, пакуль разагрэецца катод, распачынайце праверку работы генератара. Для гэтага пробнік высокай частаты паднясіце да катушкі вагальнага контуру. Плоскасць вітка пробніка павінна быць размешчана паралельна плоскасці віткоў катушкі. Пры гэтым яго індыкатарная лямпачка загарыцца. Калі напал лямпачкі вельмі слабы, то, перамяшчаючы кантакты *к* і *с* (у схеме рыс. 212), дабіцеся найбольш яркага свячэння яе, якое адбываецца ў выніку ўплыву ваганняў, што ўзбуджаюцца ў контуры, на віток пробніка высокай частаты.

5. Пераканаўшыся ў тым, што генератар працуе, кандэнсатар C устанавіце прыблізна на 30-м дзяленні шкалы.

6. Да контуру генератара асцярожна паднясіце рэзаніруючы контур так, каб плоскасць віткоў яго катушкі была паралельна

плоскасці віткоў катушкі контуру генератара. Верцячы рухомыя пласціны кандэнсатара рэзаніруючага контуру, назірайце за індыкатарнай лямпачкай. Яна павінна ярка загарэцца ў той момант, калі рэзаніруючы контур будзе настроен у рэзананс з вагальным контурам генератара.

7. Дабіўшыся рэзанансу, кандэнсатар *C* вагальнага контуру генератара ўстанавіце на 60-м дзяленні шкалы і паўтарыце дослед спачатку. Можна яшчэ адзін-два разы ўстанавіць кандэнсатар на іншыя дзяленні шкалы і настроіць рэзаніруючы контур у рэзананс з вагальным контурам генератара.

8. Праверце ўплыў сувязі паміж генератарам і рэзаніруючым контурам на ток у рэзаніруючым контуры. Настроіўшы яго ў рэзананс з контурам генератара, паступова павялічвайце адлегласць паміж імі, аддаляючы рэзаніруючы контур ад генератара. Напал індыкатарнай лямпачкі пры гэтым паступова слабее, таму што памяншаецца ступень сувязі і велічыня току ў рэзаніруючым контуры спадае.

Праводзячы доследы, не трэба вельмі блізка падносіць рэзаніруючы кандэнсатар да катушкі вагальнага контуру генератара, таму што ў момант рэзанансу індыкатарная лямпачка можа перагарэць.

9. Закончыўшы работу, выключыце выпрамляльнік і разбярыце мантаж.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Схема генератара токаў высокай частаты.
3. Пералік дэталей генератара і іх тэхнічныя даныя (колькасць віткоў катушкі, дроселя, ёмкасці кандэнсатараў, велічыні супраціўленняў, тып і цакалёўка лямпы).
4. Прыборы для выяўлення работы генератара.
5. Кароткі пералік этапаў работы.
6. Вывады.

Кантрольныя пытанні

1. З якіх асноўных дэталей складаецца генератар высокай частаты?
2. Якая роля вагальнага контуру ў генератары?
3. Як правяраюць работу генератара?
4. Што адбываецца з частатой току ў контуры генератара пры змяненні ёмкасці кандэнсатара вагальнага контуру?
5. Які ўплыў робіць велічыня сувязі паміж контурамі на ток у рэзаніруючым контуры?

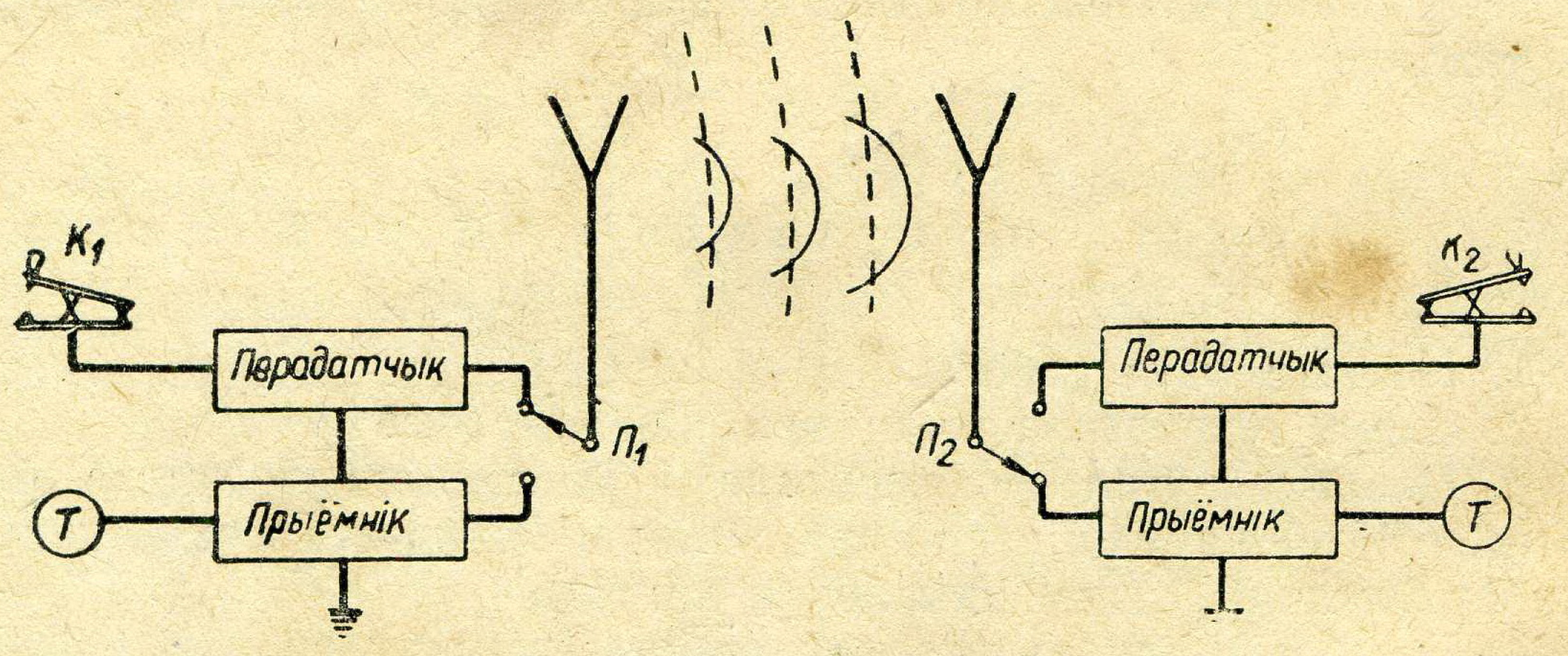
Работа 31. **Практычнае ажыццяўленне дзвюхбаковай радыёсувязі**[1]

Мэта работы. Устанавіць дзвюхбаковую тэлеграфную сувязь паміж двума пунктамі пры дапамозе найпрасцейшых вучэбных прыёмна-перадаючых радыёстанцый і абмяняцца радыёграмамі.

Прыборы і абсталяванне: 1) найпрасцейшыя прыёмна-перадаючыя радыёстанцыі — 2 шт., (гл. раб. 29), 2) адпаведныя крыніцы жыўлення (гл. раб. 29), 3) тэлеграфныя ключы — 2 шт., 4) навушнікі тэлефонныя — 2 пары, 5) злучальныя праваднікі, 6) адвёртка і пласкагубцы.

Тэарэтычныя звесткі

Як ужо было ўказана, радыёсувязь ажыццяўляецца радыёхвалямі, якія распаўсюджваюцца ў прасторы паміж пунктамі сувязі. Прыкладная схема дзвюхбаковай сувязі прыведзена на рысунку 215. Са схемы відаць, што кожная радыёстанцыя складаецца з перадатчыка, прыёмніка, антэны і зазямлення. Для прыёму перадачы на слых да радыёпрыёмніка падключаюць тэлефонныя навушнікі. У радыёперадатчык у залежнасці ад віду сувязі ўключаюць тэ-



Рыс. 215. Схема дзвюхбаковай радыётэлеграфнай сувязі.

леграфны ключ або мікрафон. Антэна і зазямленне агульныя для перадатчыка і прыёмніка і пераключаюцца на перадачу або на прыём.

Найпрасцейшым відам сувязі з'яўляецца радыётэлеграфная сувязь. Для ажыццяўлення яе неабходна мець генератар ваганняў высокай частаты. Да яго далучаюць тэлеграфны ключ-маніпулятар, пры дапамозе якога ажыццяўляюць кіраванне ваганнямі высокай частаты — маніпуляцыю. Энергія электрамагнітных ваганняў, узбуджаемых у генератары, падаецца ў антэну, пры гэтым у прастору

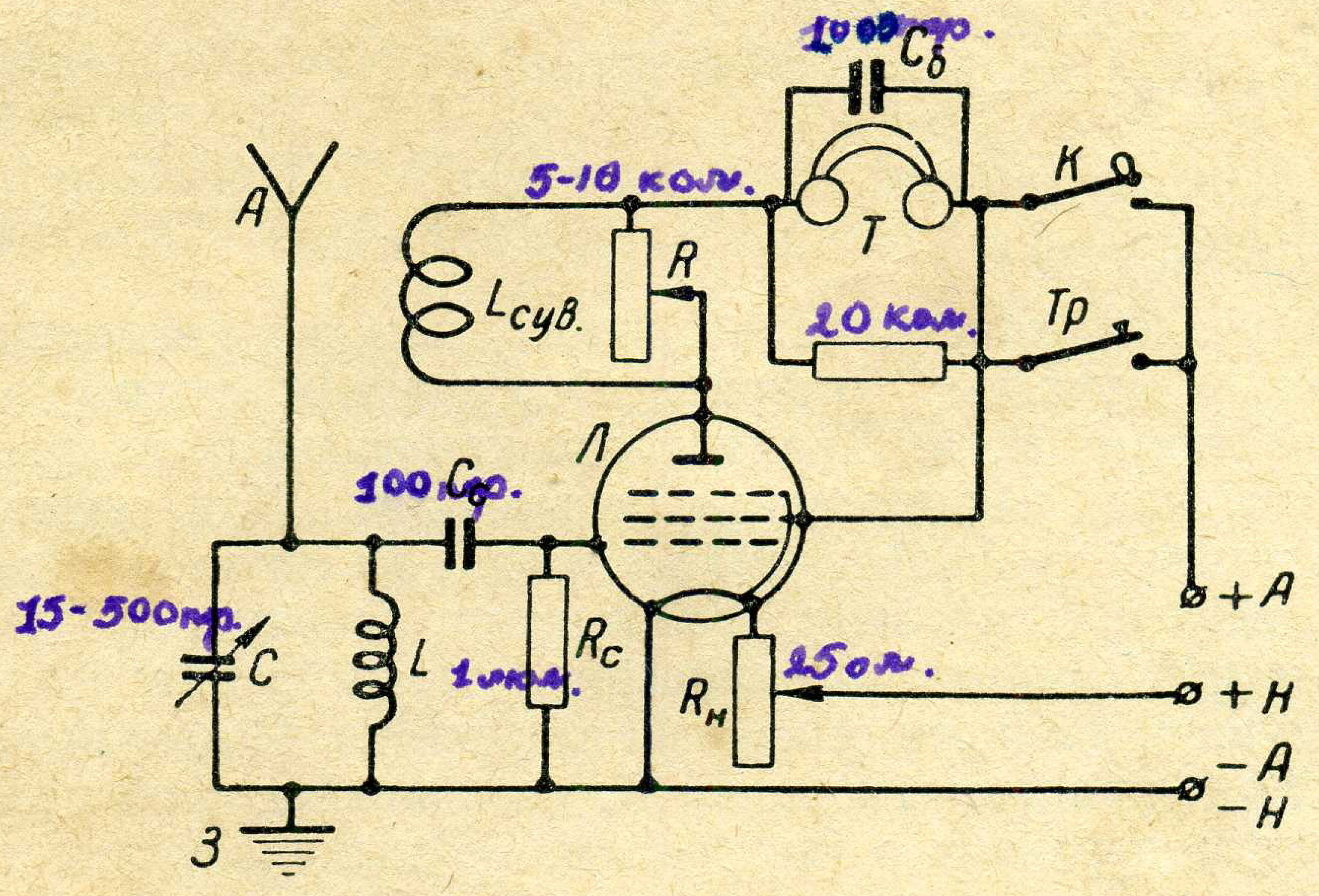
---

[1] Апісанне гэтай работы складзена па матэрыялу артыкула Б. С. Зварыкіна, надрукаванага ў часопісе «Фізіка ў школе», 1955, № 6.

спрамяняюцца радыёхвалі. Распаўсюджваючыся над паверхняй зямлі, яны пападаюць на антэну, злучаную з радыёпрыёмнікам. Прынятыя электрычныя сігналы пераўтвараюцца ў ім у гукавыя, таксама як і пры прыёме радыёвяшчання. Пры радыёсувязі карыстаюцца тэлеграфнай азбукай, з якой складаюць умоўны службовы код. У ім літары ў спалучэнні з лічбамі абазначаюць слозы і фразы. Пры радыёабмене строга прытрымліваюцца адпаведнага парадку сувязі, прадугледжанага службовымі інструкцыямі.

Апісанне прыёмна-перадаючых радыёўстановак

Прыёмна-перадаючая радыёстанцыя ўяўляе сабой з невялікімі змяненнямі аднаялампавы рэгенератыўны радыёпрыёмнік, схема якога дадзена ў рабоце 29. Схема радыёстанцыі паказана на рысунку 216. У анодны ланцуг прыёмніка ўключаюць тэлеграфны ключ *К* і



Рыс. 216. Схема прыёмна-перадаючай радыёстанцыі, зробленай з рэгенератыўнага радыёпрыёмніка.

тумблер (выключальнік) *Тр*, які замыкае ланцуг пры пераходзе на прыём. Астатнія дэталі схемы такія ж, як і ў рабоце 29.

Крыніцы жыўлення, як і ў рабоце 29, выбіраюць у залежнасці ад тыпу лямп, ужываемых у прыёмна-перадаючых радыёстанцыях. Для работы ўстаноўкі выкарыстоўваюць невялікую пакаёвую антэну і зазямленне.

Выкананне работы

1. Работу выконваюць аднaчасова дзве групы вучняў. Кожная група атрымлівае радыёстанцыю з усімі неабходнымі дэталямі і крыніцамі жыўлення.

2. Азнаёмцеся з мантажом прыбораў, параўнаўшы яго з прынцыповай схемай. Адшукайце ў прыборы ўсе дэталі, паказаныя на схеме.

3. Радыёстанцыі размясціце ў розных канцах пакоя (або ў розных пакоях), дзе выконваецца работа. Да прыёмніка падключыце антэну і зазямленне. Замкніце тумблер *Тр* і праверце работу прыёмніка, прымаючы перадачу якой-небудзь вяшчальнай радыёстанцыі.

4. Пераканаўшыся ў нармальнай рабоце радыёпрыёмніка, можна распачаць устанаўленне радыёсувязі. Перад гэтым групы вучняў дамаўляюцца аб пазыўных сігналах сваіх радыёстанцый. Адна з іх павінна мець пазыўны, які складаецца, напрыклад, з трох працяглых сігналаў (— — —), а другая — з двух працяглых і аднаго кароткага сігналаў (— — .). Акрамя таго, трэба скласці ўмоўны лічбавы код, карыстаючыся наступнымі ўмоўнымі знакамі:

1 · — — — —	6 — · · · ·
2 · · — — —	7 — — · · ·
3 · · · — —	8 — — — · ·
4 · · · · —	9 — — — — ·
5 · · · · ·	10 — — — — —

5. Для зручнасці запамінання сігналаў на слых рэкамендуецца запомніць іх па гучанню. Інтэрвалы часу паміж гэтымі знакамі павінны быць такімі ж, як працягласць кароткага сігналу.

6. Склаўшы код, распачынайце радыёсувязь. Для гэтага прыёмнік радыёстанцыі першай групы настройце на якую-небудзь хвалю даўгахвалевага дыяпазону. Кандэнсатар пераменнай ёмкасці ўстанавіце на 60°. Змяняючы велічыню супраціўлення ў ланцугу адваротнай сувязі, дабіцеся генерацыі прыёмніка. Потым выключыце тумблер *Тр* і, працуючы ключом *К*, перадавайце свой пазыўны, чаргуючы гэтую перадачу з інтэрвалам, роўным часу працяглага сігналу.

7. Другая група настройвае свой прыёмнік на прыём пазыўнога сігналу радыёстанцыі першай групы. Настройка выконваецца на працягу трох мінут. Пасля гэтага першая радыёстанцыя перадае ўмоўны лічбавы код з чатырох лічбаў. Закончыўшы перадачу, яна зноў два-тры разы перадае свой пазыўны. Затым першая радыёстанцыя пераходзіць на прыём. Тумблер *Тр* пры гэтым замыкаюць і, рэгулюючы пераменнае супраціўленне ў ланцугу адваротнай сувязі, дабіваюцца зрыву генерацыі. Адначасова група вучняў, якая працуе на другой радыёстанцыі, даводзіць адваротную сувязь да генерацыі, размыкае тумблер *Тр* і, працуючы ключом, пасылае свой пазыўны сігнал на працягу трох мінут. У гэты час прыёмнік першай радыёстанцыі настройваюць на найбольшую гучнасць прыёму.

8. У пачатку перадачы з другой радыёстанцыі перадаюць умоўны код, які падтрымлівае прыём перадачы першай радыёстанцыі.

Затым перадаюць адказ па зместу прынятай радыёграмы і ў канцы перадаюць свой пазыўны.

Выканаўшы гэтую работу, можна некалькі разоў абмяняцца радыёграмамі з тым, каб усе члены першай і другой групы самастойна выканалі ўвесь працэс настройкі перадачы і прыёму сігналаў па радыё.

Змест справаздачы аб рабоце

1. Назва і мэта работы.
2. Поўная прынцыповая схема дзвюхбаковай радыёсувязі.
3. Кароткае апісанне прыёмна-перадаючай радыёўстаноўкі.
4, Парадак выканання работы.
5. Парадак перадачы і прыёму сігналаў.

Кантрольныя пытанні

1. З якіх дэталей складаецца найпрасцейшая прыёмна-перадаючая ўстаноўка?
2. Як уключаюць і настройваюць радыёстанцыі на перадачу?
3. Што з'яўляецца прызнакам работы радыёстанцыі як перадатчыка?
4. Як уключаюць і настройваюць радыёстанцыю на прыём?
5. Як выконваюць абмен радыёграмамі паміж двума пунктамі пры дапамозе радыёстанцый?
6. Якія ўмоўны радыёкод ужываўся ў гэтай рабоце?

ЛІТАРАТУРА

АДДЗЕЛ ПЕРШЫ

1. Е. Н. Гарачкін, Электрамантаж на пазашкольных занятках па фізіцы, Вучпеддзяржвыдавецтва, 1953.
2. Д. С. Чукаеў, Электрычнасць у дамашнім быту.
3. Н. П. Булатаў, Пазакласныя заняткі па электратэхніцы, Вучпеддзяржвыдавецтва, 1951.

АДДЗЕЛ ДРУГІ

1. Н. Г. Вастракнутаў, Электрычныя вымярэнні, Дзяржэнергавыдавецтва, 1955.
2. В. А. Аруцюнаў і В. П. Валіцкі, Электратэхнічныя прыборы, Дзяржэнергавыдавецтва, 1949.
3. С. Сцяпанаў, Разлік вымяральных прыбораў, Дзяржэнергавыдавецтва, 1955.
4. Г. П. Мінін і В. К. Спірыдонаў, Электравымяральныя прыборы (вучэбныя табліцы), Дзяржэнергавыдавецтва, 1954.
5. Г. А. Сніцараў, Найпрасцейшыя вымярэнні, Дзяржэнергавыдавецтва, 1950.

АДДЗЕЛ ТРЭЦІ

1. Н. Д. Пасечнік, Элементарная электратэхніка, Дзяржтэхвыдавецтва УССР, 1957.
2. М. І. Кузняцоў, Асновы электратэхнікі, Працрэзерввыдавецтва, 1957.
3. В. Е. Кітаеў, В. К. Пятроў, Л. С. Шляпінтох, Электратэхніка, Працрэзерввыдавецтва, 1955.
4. В. С. Папоў, Н. І. Мансураў, С. І. Нікалаеў, Электратэхніка, выд. 5, Дзяржэнергавыдавецтва, 1957.
5. В. Ю. Ламаносаў і К. М. Паліванаў, Электратэхніка, Дзяржэнергавыдавецтва, 1955.
6. М. Сцеблеў, Сучасны аўтамабіль, выд. ДОСААФ, 1954.

АДДЗЕЛ ЧАЦВЁРТЫ

1. Абрамаў, Лямпы для радыёвяшчальных і тэлевізійных прыёмнікаў, Дзяржэнергавыдавецтва, 1955.

2. Б. Смятанін, Юны радыёканструктар, выд. «Маладая гвардыя», 1956.

3. «Даведнік радыёаматара (масавая радыёбібліятэка)», пад рэдакцыяй А. А. Кулікоўскага, Дзяржэнергавыдавецтва, 1955.

4. Л. М. Қакорын, У дапамогу сельскаму радыёаматару (бібліятэка радыёаматара), Сувязьвыдавецтва, 1955.

5. Л. В. Троіцкі, Зборнік адказаў на пытанні радыёаматараў (масавая радыёбібліятэка), Дзяржэнергавыдавецтва, 1954.

6. А. Д. Батракоў і С. Қін, Элементарная радыётэхніка (масавая радыёбібліятэка), ч. I і II, Дзяржэнергавыдавецтва, 1951.

7. А. Х. Якабсон, Радыёлямпа, Сувязьвыдавецтва, 1951.

8. І. П. Җарабцоў, Радыётэхніка, Сувязьвыдавецтва, 1953, 1954.

9. В. Г. Барысаў, Юны радыёаматар, Дзяржэнергавыдавецтва, 1955.

10. Г. М. Давыдаў, В. В. Шыпаў, Вучыся чытаць радыёсхемы, Сувязьвыдавецтва, 1954.

11. В. І. Тарасаў, Дэтэктарныя прыёмнікі і ўзмацняльнікі, Дзяржэнергавыдавецтва, 1950.

ЗМЕСТ

Уводзіны 3
§ 1. Падрыхтоўка да практычных работ . . . . —
§ 2. Асноўныя правілы выканання работ 4
§ 3. Справаздача аб выкананні практычнай работы 7
§ 4. Тэхніка бяспекі пры выкананні практычных работ 8

Аддзел першы. **Электрамантажныя работы па асвятляльнай сетцы**

§ 5. Будова кватэрнай асвятляльнай сеткі 11
§ 6. Электрамантаж кватэрнай асвятляльнай сеткі 15
§ 7. Практычныя работы па электрамантажу 21
Работа 1. Практычнае азнаямленне з электраасвятляльнай арматурай . . . . —
Работа 2. Выкананне аканцавання, зрошчвання, адгалінаванняў і пайкі правадоў ПРД, ПР і шнуроў ШР 27
Работа 3. Мантаж спрошчанай схемы праводкі з патронам і выключальнікам 32
Работа 4. Мантаж схемы праводкі электрычнага званка, які жывіцца ад асвятляльнай сеткі 35
§ 8. Бытавыя электранагравальныя прыборы 42
§ 9. Практычныя работы з бытавымі электранагравальнымі прыборамі 45
Работа 5. Рамонт электрычнага паяльніка . . . . —
Работа 6. Азнаямленне з будовай электранагравальнага прыбора 49

Аддзел другі. **Тэхнічныя электравымяральныя прыборы**

§ 10. Класіфікацыя электравымяральных прыбораў 55
§ 11. Умоўныя абазначэнні на шкалах прыбораў і прыбораў у схемах . 61
§ 12. Практычныя работы з тэхнічнымі электравымяральнымі прыборамі 63
Работа 7. Вывучэнне будовы электравымяральных прыбораў. . —
Работа 8. Праверка тэхнічнага амперметра або вольтметра . . 67
Работа 9. Зборка найпрасцейшага універсальнага вымяральнага прыбора. Падбор шунтоў і дадатковых супраціўленняў 71
Работа 10. Вымярэнне электрычных супраціўленняў омметрам 75
Работа 11. Зборка найпрасцейшага омметра 78
Работа 12. Вымярэнне супраціўленняў вымяральным мостам 81
Работа 13. Вымярэнне магутнасці электрычнага току. . . 85
Работа 14. Уключэнне і праверка лічыльніка электрычнай энергіі 89

Аддзел трэці. **Электрычныя машыны пастаяннага і пераменнага току. Трохфазны ток**

§ 13. Выкарыстанне машын пастаяннага току 94
§ 14. Генератары пастаяннага току 95
§ 15. Рухавікі пастаяннага току 100
§ 16. Рухавік з паслядоўным узбуджэннем (серыесны) 103
§ 17. Рухавік з паралельным узбуджэннем (шунтавы) . . . . . . —
§ 18. Паняцце аб пераменным току 104
§ 19. Верцячаеся магнітнае поле 105
§ 20. Прынцып дзеяння аднафазнага рухавіка пераменнага току . . . 107
§ 21. Будова і прынцып дзеяння трохфазнага асінхроннага рухавіка 109
§ 22. Каэфіцыент магутнасці рухавікоў пераменнага току 112
§ 23. Трансфарматары 114
§ 24. Практычныя работы па тэме: «Электрычныя машыны пастаяннага і пераменнага току. Трохфазны ток» 117
Работа 15. Разборка і зборка электрычнага рухавіка пастаяннага току і ўключэнне яго ў электрычны ланцуг. . . . . —
Работа 16. Разборка і зборка аўтамабільнага генератара пастаяннага току і яго выпрабаванне 121
Работа 17. Вызначэнне магутнасці і к. к. дз. рухавіка пастаяннага току 128
Работа 18. Разборка і зборка электрычнага рухавіка аднафазнага току і ўключэнне яго ў электрасетку 134
Работа 19. Уключэнне лямп у сетку трохфазнага току . . . 137
Работа 20. Разборка, зборка і ўключэнне асінхроннага рухавіка трохфазнага току 145
Работа 21. Вызначэнне магутнасці і к. к. дз. асінхроннага рухавіка трохфазнага току 150
Работа 22. Уключэнне трансфарматара ў сетку і вызначэнне к. к. дз. пры розных нагрузках 155

Аддзел чацвёрты. **Радыёсувязь**

§ 25. Вынаходства і ўжыванне радыё 160
§ 26. Прынцып радыёсувязі 161
§ 27. Умоўныя абазначэнні радыёдэталей на схемах 162
§ 28. Антэна і зазямленне 172
§ 29. Навальнічны пераключальнік 173
§ 30. Дэтэктарны радыёпрыёмнік 174
§ 31. Электронныя лямпы 176
§ 32. Кенатронныя выпрамляльнікі 179
§ 33. Узмацняльнік нізкай частаты 181
§ 34. Лямпавы генератар з самаўзбуджэннем 183
§ 35. Практычныя работы па радыёсувязі 184
Работа 23. Зборка і выпрабаванне дэтэктарнага радыёпрыёмніка —
Работа 24. Зняцце характарыстык электроннай лямпы . . . 189
Работа 25. Зборка і выпрабаванне лямпавага выпрамляльніка без трансфарматара 195
Работа 26. Зборка і выпрабаванне лямпавага выпрамляльніка з трансфарматарам 199
Работа 27. Зборка і выпрабаванне аднакаскаднага ўзмацняльніка нізкай частаты 203
Работа 28. Зборка і выпрабаванне двухкаскаднага ўзмацняльніка нізкай частаты 207
Работа 29. Зборка і выпрабаванне простага лямпавага радыёпрыёмніка 213
Работа 30. Уключэнне і выпрабаванне вучэбнага генератара токаў высокай частаты малой магутнасці 217
Работа 31. Практычнае ажыццяўленне дзвюхбаковай радыёсувязі 222

На белорусском языке

Сергей Константинович Андриевский
и Александр Леонтьевич Бартновский

ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

Государственное
учебно-педагогическое издательство
Министерства просвещения БССР
Минск, проспект им. Сталина, 109

Рэдактар *Л. Э. Гараніна*
Мастацкі рэдактар *Ю. Д. Каралёў*
Тэхнічны рэдактар *І. Я. Карпіновіч*
Карэктар *З. А. Заянчкоўская*

Здадзена ў набор 16/I-1959 г. Падпісана да друку 28/IV-1959 г. Тыраж 12000 экз. Папера $60 \times 92^1/_{16}$. Пап. арк. 7,25. Друк. арк. 14,5. Уч.-выд. арк. 14,13. Цана 2 руб. 60 кап. Заказ 42.

Паліграфічны камбінат імя Я. Коласа, Мінск, Чырвоная, 23.

Цана 2 руб. 60 кап.